



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Miikka Silvonen

Informaatiovirtauksen kehitys elektro- niikan sopimusvalmistuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Elektroniikka

Insinöörityö

30.3.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miikka Silvonen Informaatiovirtauksen kehitys elektroniikan sopimusvalmistuksessa 34 sivua + 4 liitettä 30.3.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	elektroniikka
Ammatillinen pääaine	elektroniikka
Ohjaajat	yliopettaja Antti Piironen laatupäällikkö Ari Käsäkoski asiakaspäällikkö Samuli Määttä
<p>Tämä insinööri työ tehtiin eräälle elektroniikan sopimusvalmistajalle. Yrityksen asiakkuuksien ja tuotantoerien määrät olivat kasvaneet viime vuosien aikana. Yritys oli erikoistunut low volume high mix -tuotantoon. Insinööri työssä keskityttiin asiakkuuteen, jonka tuotantomäärät olivat kasvaneet low volumesta high volumeen. Työn tavoitteena oli kehittää tuotannon loppukokoonpanosta tietokantoihin tallentuvan tiedon hyödyntämistä järjestelmällisemmin parantamalla informaatiovirtausta.</p> <p>Työssä perehdyttiin leaniin elektroniikan sopimusvalmistuksessa ja selvitettiin asiakkuuden tuotteiden valmistuksen virtauksen nykytilanne. Selvityksessä havaittiin, että koko tuotantoprosessin jaksoaika oli pitkä ja tuotetta jalostavaa työtä oli vähän suhteessa jaksoaikaan. Työssä havaittiin myös, että osaa tietokantoihin tallennetuista tiedoista ei hyödynnetty järjestelmällisesti. Selvitystyön perusteella voitiin todeta, että tehollista aikaa olisi pyrittävä lyhentämään ja vaihtelua pienentämään, jotta virtaustehokkuus kasvaisi ja tuottavuus parani. Vaihtelua olisi pyrittävä pienentämään hyödyntämällä tietokantoja paremmin ja tekeillä tietokannoista saatujen tietojen perusteella korjaavia toimenpiteitä prosessien parantamiseksi. Tietokannoista saatiin useita eri raportteja, mutta tiedon analysoinnin nopeuttamiseksi oli tarve tehdä uusia raportteja. Työssä suunniteltiin uusia raportteja tietokantoihin ja niistä tehtiin luonnoksia. Osasta näistä luonnoksista ehdittiin työn aikana tehdä uusia raportteja tietokantaan. Uudet raportit otettiin käyttöön ja niiden avulla ongelmien havaitseminen helpottui ja ongelmiin reagointi nopeutui.</p> <p>Insinööri työn tavoitteet täyttyivät hyvin, sillä tiedon hyödyntämistä saatiin muutettua järjestelmällisemmäksi parantamalla informaatiovirtausta ja työssä tehtiin muitakin tärkeitä havaintoja tuotannosta. Työn tilastollista vaikutusta ei pystytty arvioimaan liian lyhyellä aikavälillä toteutetun muutostyön jälkeen. Muutostyön jälkeen ongelmien juurisyyt olivat kuitenkin helpommin selvitetty ja korjaavat toimenpiteet saatiin toteutettua nopeammin. Työssä suunniteltiin myös useita jatkokehitysaiheita, joita ei ehditty toteuttamaan työn aikana, mutta voidaan toteuttaa tulevaisuudessa. Työn aikana tehtyjä parannuksia ja suunniteltuja jatkokehitysaiheita voidaan hyödyntää yrityksen muiden high volume -asiakkuuksien ja soveltuvilta osin myös low volume -asiakkuuksien tuotannossa.</p>	
Avainsanat	lean, virtaus, elektroniikka, sopimusvalmistus

Author Title Number of Pages Date	Miikka Silvonen Development of Information Flow in Electronics Manufacturing Services 34 pages + 4 appendices 30 March 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electronics
Professional Major	Electronics
Instructors	Antti Piironen, Principal Lecturer Ari Käsäkoski, Quality Manager Samuli Määttä, Customer Relationship Manager
<p>This bachelor's thesis work was made for an electronics manufacturing service company. The company's quantity of customers and volume of production batches have been growing for the past years. The company is specialized in low volume high mix production. The project was made focusing only on one customer, whose production volume had increased from low volume to high volume. The objective of this project was to improve utilization of databases to be more systematic with better information flow.</p> <p>For this project, a study was made about lean in electronics manufacturing services. Also, a study was made about current state of production flow of all customer's products. Studies indicated that cycle time of all the production was long and there was not much value added work for the flow unit compared to the cycle time. Studies also indicated that some of the databases were not utilized systematically. After the studies, conclusion was made that the time of the resources used and variation should be minimized in production to improve the production flow. Variation is minimized by utilizing databases more systematically and by making corrective actions to improve processes. It was possible to get several different reports from the databases but there was still need to create new reports for faster analysis of the data. Drafts of new reports were made and couple of new reports were created during the project. New reports were taken in use and after this, detection of problems in processes was easier and reaction time for corrective actions was shorter.</p> <p>The objective set for this project was achieved because information flow was improved and there were other useful observations made about the production. The impact of improvement could not be statistically evaluated because of too short time period after the improvements were made in the production. After the improvements, it was easier to find the root cause of problems and reaction time for corrective actions was shorter. There were many improvement plans designed in the project that were not completed during the project but can be completed in the future. The improvements completed in the project and designed for the future can be utilized in company's other high volume customers' or applicable low volume customers' production.</p>	
Keywords	lean, flow, electronics, manufacturing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lean elektroniikan sopimusvalmistuksessa	2
3	Elektroniikkatuotanto	6
3.1	Tuotteiden valmistus	6
3.1.1	Pintaladonta	6
3.1.2	Loppukokoonpano	9
3.2	Tietokannat	11
4	Selvitystyön lähtötilanne	12
4.1	Tuotannon loppukokoonpanon virtaus	12
4.2	Tietokantojen hyödyntäminen	17
4.3	Päivittäinen johtaminen	19
4.4	Tuotannon pysäytyskäytännöt	21
4.5	Jatkuva parantaminen	22
5	Havaitut ongelmat, muutostyön suunnitelma ja jatkokehitys	22
5.1	Tuotteiden virtaus ja jaksoaika	22
5.2	Tietokantojen hyödyntäminen	23
5.3	Päivittäinen johtaminen	24
5.4	Tuotannon pysäytyskäytännöt	25
5.5	Jatkuva parantaminen	26
6	Uudet raportit	27
6.1	Mittausaantoraportti 1	27
6.2	Viikoittaiset testausaantoraportit 1 ja 2	28
6.3	Korjaustyökaluraportin 1 luonnos	30
7	Yhteenveto	31

Liitteet

Liite 1. Mittausaantoraportti 1

Liite 2. Viikoittainen testausraportti 1

Liite 3. Viikoittainen testausraportti 2

Liite 4. Korjaustyökaluraportin 1 luonnos

Lyhenteet

AOI	<i>Automated optical inspection.</i> Automatisoitu optinen tarkastus.
CoPQ	<i>Cost of poor quality.</i> Huonosta laadusta johtuvat kustannukset.
CT	<i>Cycle time.</i> Jaksoaika.
EMS	<i>Electronics manufacturing services.</i> Elektroniikan sopimusvalmistus.
ERP	<i>Enterprise resource planning.</i> Toiminnanohjausjärjestelmä.
FPY	<i>First pass yield.</i> Ensisaanto.
FR-4	<i>Flame retardant.</i> Paloa hillitsevää lasikuidulla vahvistettua epoksipohjaista hartsia.
MES	<i>Manufacturing execution system.</i> Tuotannonohjausohjelmisto.
OQC	<i>Outgoing quality control.</i> Lähtevän tavaran laadunvarmistus.
SPI	<i>Solder paste inspection.</i> Juotospastan tarkastus.
TPS	<i>Toyota production system.</i> Toyotan tuotantojärjestelmä.

1 Johdanto

Insinööritö tehtiin eräälle elektroniikan sopimusvalmistajalle. Yrityksen asiakkuuksien määrä ja tuotantoerien määrät olivat kasvaneet viime vuosien aikana. Yrityksen tuotantoprosessit olivat tähän mennessä suunniteltu niin sanottuun high mix, low volume -tuotantoon, mikä tarkoittaa laajaa valikoimaa eri asiakkuuksien tuotteita, joita valmistetaan pienempiä tuotantoeria. Tämä tuotantomalli ei ole kyennyt tukemaan tuotantoa niiden asiakkuuksien osalta, joissa tuotantomäärät ovat kasvaneet low volumesta high volumeen.

Työssä perehdytään leaniin elektroniikan sopimusvalmistuksessa ja työn aiheena on tutkia yrityksen erään asiakkuuden tuotteiden valmistuksen virtausta. Virtauksen tutkiminen koskee tuotantoa pintaladonnasta valmiin tuotteen lähetykseen asiakkaalle, kuitenkin pitäen työn pääpainon loppukokoonpanossa. Tarkoituksena on ensin selvittää tuotteiden valmistuksen virtauksen nykytilanne. Selvityksen jälkeen on tehtävä havaittujen ongelmien perusteella suunnitelma muutostyöstä ja jatkokehityksestä. Työn päätavoitteena on kehittää tuotannon loppukokoonpanosta tietokantoihin tallentuvan tiedon hyödyntämistä parantamalla informaativirtausta. Insinööritöissä tehtyjä havaintoja ja parannuksia tullaan hyödyntämään jatkossa yrityksen muiden high volume -asiakkuuksien tuotannossa.

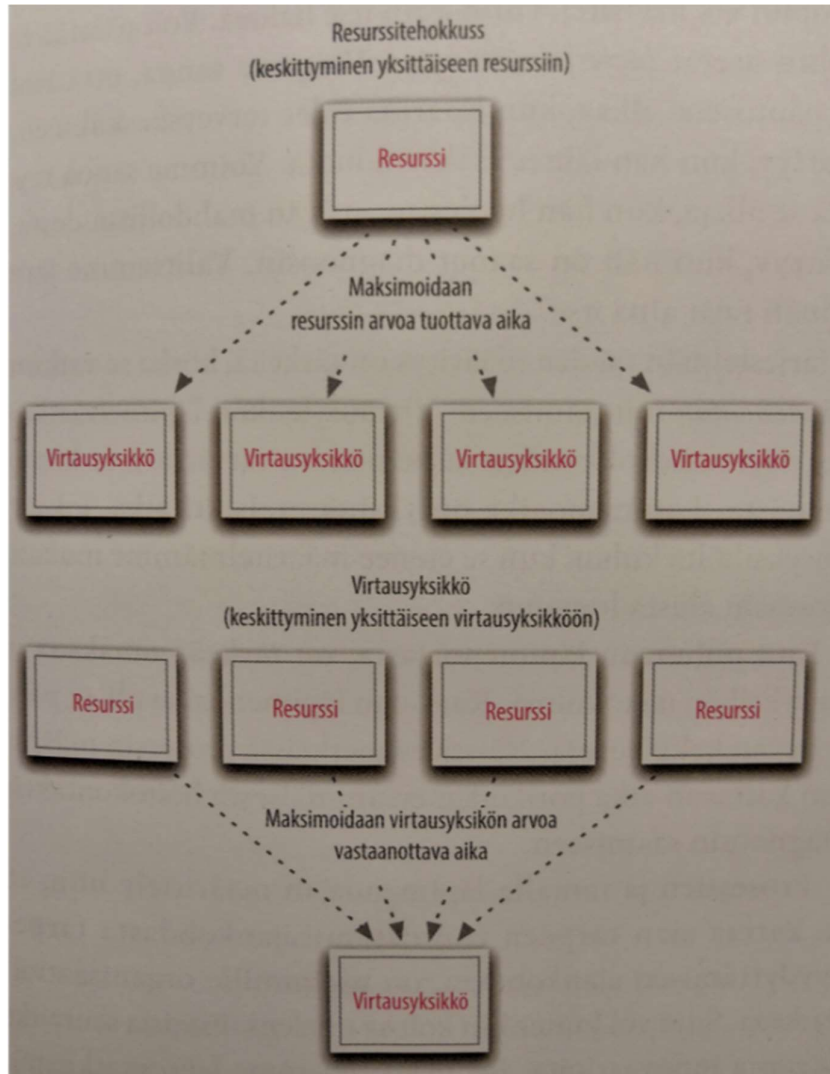
2 Lean elektroniikan sopimusvalmistuksessa

Lean yleistyy vuosi vuodelta enemmän elektroniikansopimusvalmistuksessa ja samalla käsitys leanista parantuu. Yksinkertaistetusti leania voidaan kutsua toimintastrategiaksi, joka korostaa virtaustehokkuutta resurssitehokkuuden sijaan. [1, s. 117.]

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan käytettävissä olevien resurssien mahdollisimman hyvää hyödyntämistä. Resurssitehokkuus on tehokkuuden perinteinen muoto, johon teollisuuden kehitys on pohjautunut. Peruseriaatteena tehtävät ja prosessit jaetaan pienempiin osiin ja toteutus jaetaan eri ihmisille tai funktioille. Resursseja hyödynnetään usein niin, että henkilöt tai funktiot toistavat samanlaisia tehtäviä, jotta yksikkökustannuksia saadaan pienennettyä. Resurssien hyödyntäminen on ollut pitkään ja on vieläkin tehokkuustarkastelun luonnollisin lähtökohta. Resurssitehokkuudessa keskitytään pääasiassa tuotteen tai palvelun tuottamisessa käytettäviin resursseihin, eli henkilöstöön, koneisiin ja työkaluihin. Resurssitehokkuutta voidaan mitata laskemalla kuinka paljon resurssia hyödynnetään suhteessa tiettyyn ajanjaksoon. Taloudellisesti resursseja pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Jos resurssia ei käytetä maksimaalisesti, syntyy luonnollisesti ajatus resurssin käyttämisestä johonkin muuhun. [1, s. 9–11.]

Virtaustehokkuus on uudempi tehokkuuden muoto, jossa huomio kohdistuu organisaatiossa valmistettavaan yksikköön ja huomio kääntyy pois perinteisestä resurssien tehokkaasta hyödyntämisestä. Elektroniikkateollisuudessa yksikköinä ovat tuotteet, joita jalostetaan tuotannossa käyttämällä eri komponentteja ja materiaaleja. Virtaustehokkuus keskittyy yksikköön, joka virtaa organisaation läpi, tai tuotteeseen, joka virtaa koko tuotannon läpi. Virtaustehokkuus voidaan mitata laskemalla, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tietyssä ajanjaksona. Elektroniikkateollisuudessa ajanjakso alkaa asiakkaan tilauksesta ja päättyy, kun tuotteet ovat asiakkaalla. Virtaustehokkuus osoittaa, miten tehokkaasti organisaatio tyydyttää asiakkaan tarpeen. Organisaation tasolla virtaustehokkuus osoittaa miten hyvin tuotannossa jalostetaan tuotteita, kuinka paljon yksiköt saavat arvoa vai syntyykö tuotannosta hukkaa. Virtaustehokkuus syntyy prosesseista, joten on tärkeää ymmärtää miten ne toimivat. Kun korostetaan virtaustehokkuutta prosessissa, kaikki arvoa tuottamattomat toimet optimoidaan tai poistetaan. Arvoa tuottavat toimet määritellään tehtäväksi tuotteen virtaustehokkuuden kannalta parhaassa mahdollisessa järjestyksessä keskittyen lyhentämään jaksoaikaa. [1, s. 13–19.]

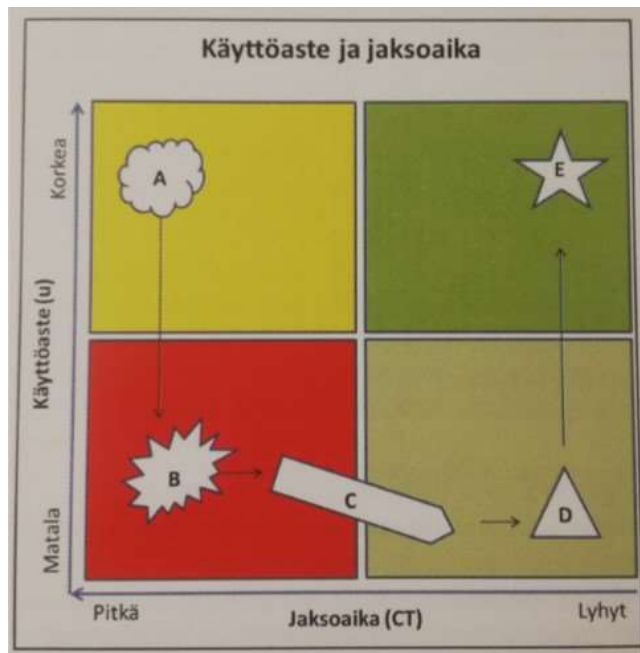
Kaikki työ organisaatiossa, jossa resurssi lisää arvoa virtausyksikölle, ovat arvoa lisäävää työtä, mistä muodostuu riippuvuussuhde. Hyvä resurssitehokkuus tarkoittaa, että resurssit antavat mahdollisimman paljon arvoa tietyssä ajanjaksossa. Resurssin näkökulmasta työtä on jatkuvasti. Hyvä virtaustehokkuus tarkoittaa, että aika, jolloin virtausyksikkö saa arvoa resursseilta, on pitkä tietyssä ajanjaksossa. Tuotteen näkökulmasta tuote saa jatkuvasti lisää arvoa. Riippuvuussuhteet ovat erilaisia ja on tärkeää ymmärtää, mikä erottaa nämä tehokkuuden muodot (katso kuva 1). [1, s. 20–21.]



Kuva 1. Resurssi- ja virtaustehokkuuden erilaiset riippuvuussuhteet kuvattuna. [1, s. 21.]

Hyvää resurssitehokkuutta tavoitellessa on tärkeää pitää resurssit käytössä eli varmistaa, että resursseilla on jatkuvasti virtausyksikkö jalostettavana. Hyvää virtaustehokkuutta tavoitellessa on tärkeää varmistaa, että jokin resurssi jatkuvasti jalostaa virtausyksikköä. [1, s. 21.]

Mikäli organisaatiossa resurssien käytön tehokkuutta pyritään lisäämään, mutta vaihtelua ei pyritä pienentämään, lopputuloksena jaksoaika kasvaa. Jos jaksoaika kasvaa, ei-arvoa lisäävien töiden määrä kasvaa ja tuottavuus laskee. Resurssien tehokkuuden parantamisen tavoitteena on usein tuottavuus, mutta lopputuloksena se voi helposti olla tuottamattomuus. Kuitenkin on myös huomioitava, että tuottavuus ei kasva jaksoaika lyhentämällä, jos samalla ei huolehdi resurssien käytön tehostamisesta. [2, s. 119.]



Kuva 2. U-reitti, suunta parempaan tuottavuuteen. Pystyakselilla on käyttöaste (u), eli resurssitehokkuus ja vaaka-akselilla on jaksoaika (CT). [2, s. 120.]

Organisaatioissa on hyvin usein käsitys, että resurssitehokkuus on korkea, koska henkilöstö on kiireinen ja työtä riittää henkilöstölle jatkuvasti. Todellisuudessa hyvin todennäköisesti suurin osa työajasta käytetään muuhun kuin asiakkaalle arvoa tuottavaan työhön. Resurssin työajasta suuri osa kuluu satunnaisten ja ei-satunnaisten häiriöiden kanssa työskentelyyn (katso kuva 2 kohta A). [2, s. 120.]

Todellinen resurssin käyttöaste on kuitenkin alhainen, sillä virtausyksikköä jalostavaa työtä on vain vähän mitattavalla ajanjaksolla. Myös jaksoaika tullaan todennäköisesti toteamaan huomattavan pitkäksi, johtuen toimitusketjun vaihtelusta (katso kuva 2 kohta B). [2, s. 120.]

Tehollista aikaa tulisi lyhentää ja vaihtelua pienentää, jotta virtaustehokkuus kasvaa ja tuottavuus paranee. Valmistettavien tuotteiden virtaus on toteutettava mahdollisimman hyvin, jotta jaksoaikaa saadaan lyhennettyä (katso kuva 2 kohta C). [2, s. 120.]

Tehollista aikaa lyhentämällä tuotteiden valmistusnopeus kasvaa. Tämä taas laskee resurssin käyttöastetta. Valmistusnopeuden kasvaessa jaksoaika lyhenee ja käyttöasteen laskeminen vapauttaa resurssille lisää aikaa muuhun jalostavaan työhön (katso kuva 2 kohta D). [2, s. 121.]

Kun tehollista aikaa on lyhennetty ja vaihtelua on saatu pienennettyä, voidaan aloittaa nostamaan resurssitehokkuutta. Resurssien käyttöastetta ei voida kuitenkaan nostaa saatan prosenttiin, muuten virtaustehokkuus heikentyy (katso kuva 2 kohta E). [2, s. 121.]

Virtaustehokkuuteen keskittymällä organisaatiolla on mahdollisuus vähentää lisätyötä ja tarpeettomia hukkia. Keskittymällä resurssitehokkuuteen organisaatio osaoptimoi tiettyjä prosesseja, mutta näiden prosessien välisistä funktioista ja siirtymistä syntyy paljon lisätyötä ja hukkaa. Voidaan sanoa, että virtaustehokkuuteen keskittyminen yhdistää kaikki prosessit yhdeksi järjestelmäksi, joka luo perustan resurssitehokkuuden kasvulle. Näin resurssitehokkuus kasvaa järjestelmän tasolla, eikä yksittäisten prosessien tasolla. Leanin periaatteiden mukaisen toimintastrategian mukaisesti toimivan organisaation on keskeisen tärkeää hallinnoida ja vähentää vaihtelua. Vaikka teoreettinen täydellisyys on mahdotonta saavuttaa, leanin toimintastrategialla voidaan jatkuvien parannusten kautta jatkaa täydellisyyden tavoittelua. [1, s. 124–125.]

Ihmisillä on yleisesti käsitys, että vaihtelu pienenee aina kun kaikki prosessin poikkeamat tutkitaan ja korjataan. Kuitenkaan nämä toimenpiteet eivät aina pienennä vaihtelua, vaan voivat jopa lisätä sitä. Vaihtelu voidaan jakaa kahteen eri luokkaan, jotka ovat satunnainen vaihtelu ja erityissyyvaihtelu. Satunnainen vaihtelu syntyy prosessissa, jossa on monta muuttujaa, jotka kaikki vaikuttavat toisiinsa, eikä niiden vaikutusta voida tunnistaa

erillisinä. Erytyssyyvaihtelulla tarkoitetaan erityisen paljon poikkeavaa havaintoa, joka johtuu yksittäisestä syystä. Keräämällä ensin prosessista havaintoja, voidaan näiden havaintojen perusteella laskea tilastomatematiikalla prosessin vaihtelun ohjausrajat. Vaihtelun luokittelu tapahtuu tilastollisen prosessinohjauksen ohjauskorteilla. Kun vaihtelu pystytään luokittelemaan satunnaiseen vaihteluun ja erityissyyvaihteluun, on tärkeää olla reagoimatta satunnaiseen vaihteluun. Satunnaisen vaihtelun poikkeamiin reagoiminen vain lisää vaihtelua entisestään. Erytyssyyvaihtelun poikkeamat sen sijaan tulee tutkia ja korjata, jolloin vaihtelua saadaan pienennettyä ja prosessin kyvykkyyttä parannettua. [2, s. 43–44.]

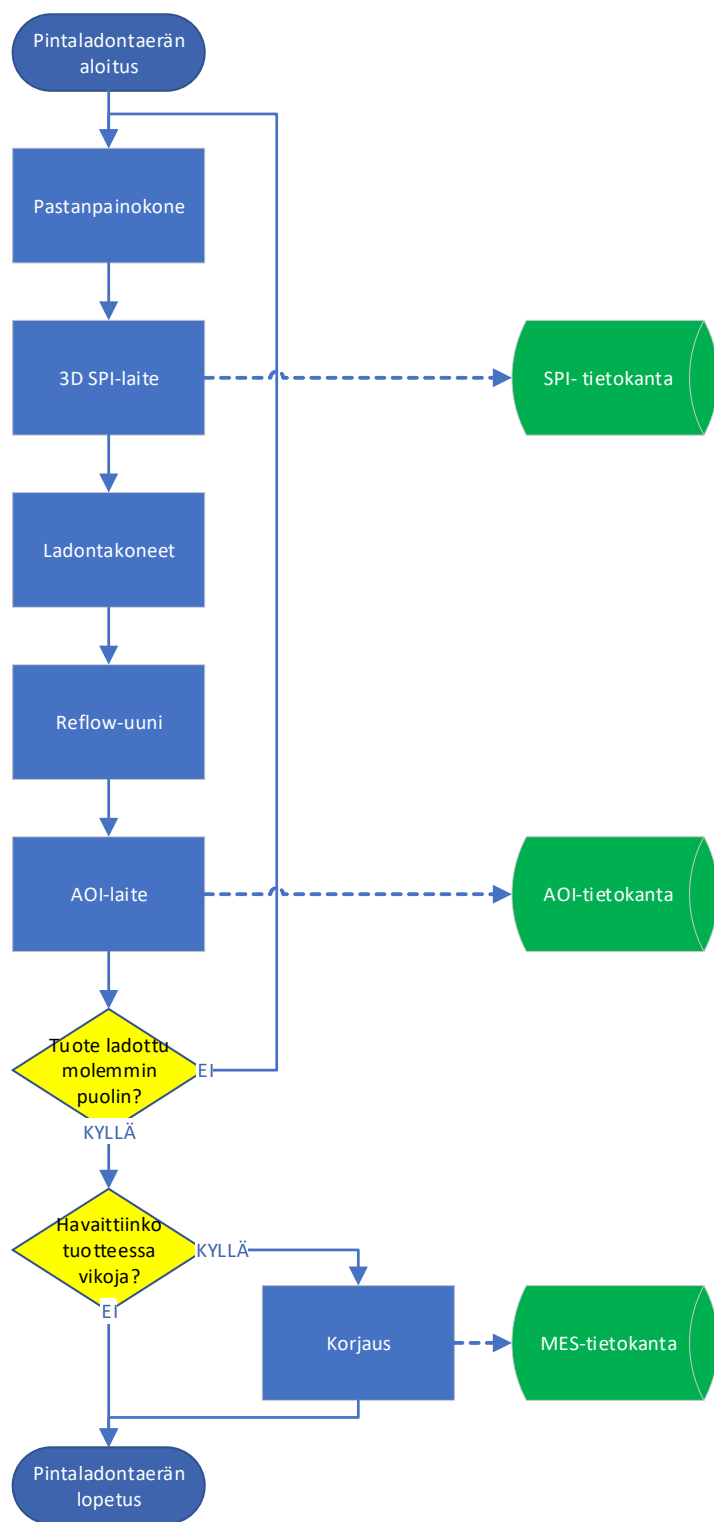
3 Elektroniikkatuotanto

3.1 Tuotteiden valmistus

Elektroniikan sopimusvalmistuksessa valmistetaan asiakkaan suunnittelemaa tuotteita asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Alalla käytetään yleisesti hyväksytyjä kansainvälisiä standardeja, joihin asiakkaan vaatimukset yleensä perustuvat. Asiakas toimittaa tuotteen valmistukseen vaadittavat dokumentit, joiden pohjalta luodaan tuote ERP (Enterprise Resource Planning) -tuotannonohjausjärjestelmään. Tuotteelle luodaan tarve asiakkaan myyntiennusteiden ja tilauksien mukaan. Tuotteita valmistetaan asiakkaan tilauksia vasten. Asiakkuuden tuotteiden valmistusprosessi tuotannossa voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan, pintaladontaan ja loppukokoonpanoon.

3.1.1 Pintaladonta

Pintaladontalinjalla ladotaan ja juotetaan piirilevyille pintaliitoskomponentit. Asiakkuuden kaikkien tuotteiden lähes kaikki komponentit ladotaan ja juotetaan pintaladontalinjalla, muutamilla tuotteilla on vain yksittäisiä käsin juotettavia osia loppukokoonpanossa. Pintaladonnan virtauksesta tehtiin nykytilanteen selvitys. Tämän selvityksen avulla saatiin varmistettua, miten kaikkien pintaladontalinjan työvaiheiden virtaus on toteutettu ja mistä työvaiheista tallennetaan tietoa mihinkin tietokantaan (katso kuva 3).



Kuva 3. Pintaladontalinjan työvaiheiden virtaus kuvattuna.

Pintaladontalinjalla tehdään tarvittavat valmistelut ennen erän valmistamista. Kerätään ERP:n tuoterakenteen mukaiset komponentit, pastanpainoon tuotekohtainen stensiili ja vaihdetaan tuotetta vastaavat ohjelmat laitteille. Yhdessä piirilevyaihiossa on useita piirilevytuotteita, työssä tarkasteltavan asiakkuuden piirilevyaihioissa on noin 8–40 piirilevytuotetta. Pintaladonnassa tuotteen valmistuksen jaksoaikaa saadaan lyhennettyä valmistamalla piirilevyaihiota, joissa on enemmän tuotteita. Vaikka aihiossa on enemmän tuotteita, ladontakoneiden ladontanopeuden ansiosta ne eivät jää pintaladontalinjalla pullonkaulaksi. Piirilevyaihiot syötetään automaattisesti pintaladontalinjan päästä linjalle, laitteiden välissä olevien kuljettimien avulla piirilevyaihiot kulkevat linjan läpi.

Ensimmäisenä laitteena linjalla on pastanpainokone, jolla painetaan juotospasta piirilevyn juotospadeille. Juotospasta painetaan piirilevylle stensiilin avulla, joka on laserleikattu 80–100 µm paksusta ruostumattomasta teräksestä. Stensiilin kohdistus painettavaan piirilevyyn varmistetaan konenäön avulla. Stensiilissä ja piirilevyssä on kohdistuspisteet, jotka ovat pyöreitä pisteitä 1,0 mm:n halkaisijalla. Juotospasta painetaan raakkelin avulla stensiilin reikiin, jotka ovat piirilevyn padien kohdalla. Toisena laitteena on 3D SPI (Solder Paste Inspection) -laite, jolla varmistetaan pastanpainon onnistumisen mittaamalla piirilevylle painetun juotospastan tilavuus ja asemointi. SPI-laite tallentaa juotospastan mittauksien tulokset SPI-tietokantaan.

Pastanpainon jälkeen piirilevyt siirtyvät kuljettimilla usean ladontakoneen läpi. Lähes kaikki pintaladottavat komponentit ovat keloissa, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Komponenttikelat asetetaan syöttölaitteisiin, jotka liitetään ladontakoneisiin. Jos komponentit vastaanotetaan esimerkiksi pusseissa tai komponenttiputkissa, ne täytyy asettaa ladonta-alustoille, jotka asetetaan ladontakoneen sisälle. Ladontakoneet poimivat komponentit syöttölaitteista ja ladonta-alustoilta suuttimilla alipaineen avulla ja painavat komponentit juotospastan päälle. Ladontakone käyttää konenäköä varmistamaan komponentin kohdistuksen ennen komponentin ladontaa.

Komponenttien ladonnan jälkeen piirilevyt siirtyvät kuljettimella reflow-uuniin, jolla piirilevyn komponentit juotetaan tuotekohtaisella reflow-juotosprofiililla. Juotosprosessin aikana piirilevy kulkee uunin eri lämpötiloihin säädettyjen lämpövyöhykkeiden läpi, joka vastaa juotospastan valmistajan suositusten mukaista lämpötilakäyrää. Esilämmityksen aikana juotospastan juoksute puhdistaa juotettavat pinnat, ja siinä olevat liuotinaineet

haihtuvat. Juotos tapahtuu lämpötilan ylittäessä juotteen sulamispisteen. Juotoslämpötila on asetettava riittävän korkeaksi, jotta juotospasta sulaa muodostaen hyvän juotoksen, mutta ei kuitenkaan liian korkeaksi, jotta komponentit eivät vaurioidu.

Reflow-uunin jälkeen piirilevyt siirretään kuljettimella AOI (Automated Optical Inspection) -laitteelle. Juotoksien onnistuminen ja ladottujen komponenttien asemointi tarkastetaan konenäöllä AOI-laitteella, joka on pintaladontalinjalla viimeisenä laitteena. AOI-tarkastuksesta tallentuu tulokset AOI-tietokantaan. Jos AOI-laite havaitsee virheitä, pintaladontalinjalla merkitään viat piirilevyille ja korjaus suoritetaan pintaladontalinjan läheisyydessä sijaitsevassa korjauspisteessä. Kaikista korjauksista kirjataan tiedot MES-tietokantaan.

Asiakkuuden tuotteet ovat kaksipuoleisia, joten piirilevyt menevät pintaladontalinjan läpi vielä uudestaan piirilevyt toisinpäin käännettynä. Kun piirilevyt ovat ladottu molemmin puolin, ne siirretään valmistuneiden tuotteiden hyllyyn odottamaan loppukokoonpanoa.

Pintaladontaprosessista tallentuu tietoa SPI-, AOI- ja MES-tietokantoihin. Tietoa saadaan haettua manuaalisesti, sekä luotua automaattisesti lähetettäviä raportteja. Pintaladontaosaston prosessinomistajat vastaavat laadun jatkuvasta parantamisesta. He hyödyntävät tietokantoja päivittäisen johtamisen palaverissa, sekä muissa laatuprojekteissa.

3.1.2 Loppukokoonpano

Loppukokoonpano sisältää kaiken työn pintaladonnasta valmiin tuotteen lähetykseen asiakkaalle. Loppukokoonpano on jaettu asiakaskohtaisiin valmistustiimeihin. Tuotteiden valmistus asiakaskohtaisissa tiimeissä on jaettu tuoteryhmiin, sekä yksittäisiin tuotteisiin. Tuotteiden valmistus suoritetaan tuotekohtaisissa soluissa. Keskenään saman kaltaisia tuotteita on yhdistetty tuoteryhmiksi, joita voidaan valmistaa samassa solussa.

Loppukokoonpanossa tehtäviä töitä ovat

- materiaalin keräily tuotekohtaiseen soluun
- tuotteiden irrotus aihioista
- tuotteiden testaus
- tuotteiden ohjelmointi

- tuotteiden kalibrointi
- mekaaninen kokoonpano
- visuaalinen tarkastus
- tuotteiden pakkaus.

Loppukokoonpanon ensimmäisenä työvaiheena keräillään ERP:n tuoterakenteen mukaisesti tuotantoerän valmistamiseen vaadittava määrä materiaalia tuotekohtaiseen soluun. Materiaalin keräilyn jälkeiset työvaiheet ja niiden järjestys vaihtelevat tuotekohtaisesti.

Pintaladontaosaston valmistamat piirilevyaihiot viedään laser-depanelointilaitteelle, jolle on oma solunsa. Piirilevyt irrotetaan aihioista laser-depanelointilaitteella. Flex-tuotteet irrotetaan aihioista laser-depanelointilaitteella vasta ensimmäisen testauskerran jälkeen. Koko aihio flex-tuotteita testataan ensimmäisellä testauskerralla samaan aikaan testausprosessin nopeuttamiseksi.

Testauksella on hyvin suuri merkitys tuotteiden valmistuksessa, se on tärkeä osa laadunvarmistusta ja jatkuvaa parantamista. Testauksen avulla pystytään havaitsemaan ja paikantamaan viat tarkasti ja nopeasti. Tuotteet testataan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotantoa, koska valmistuskustannukset ovat pienempiä mitä aikaisemmin havaittu vika saadaan poistettua prosessista. Testauksella varmistetaan, että tuotteet toimivat ennen lähetystä asiakkaalle. Testaus suoritetaan asiakkaan suunnittelemissa tai vähintäänkin validoimilla automaattitestereillä. Testattava tuote asetetaan testeriin ja yhdistetään tarvittavan oheiselektroniikan avulla testerin tietokoneeseen. Tietokoneella on asiakkaan tekemä testausohjelma, jonka avulla suoritetaan tuotteen testaus. Tuotteet voidaan myös ohjelmoida tai kalibroida automaattitestereillä asiakkaan testausohjelman ja vaatimusten mukaisesti.

Tuotteiden mekaaniseen kokoonpanoon lukeutuvat työt vaihtelevat tuotekohtaisesti, tällaisia töitä ovat mm. tuotteen manuaalinen kasaaminen koteloon, kotelon hitsaus, ruuvaus ja tarroitus. Mekaaninen kokoonpano suoritetaan tuotekohtaisissa soluissa, joissa tuotteen kokoonpanossa vaaditut työkalut ovat valmiina ja työn virtauksen kannalta järkevässä järjestyksessä.

Lähteville tuotteille suoritetaan OQC-tarkastus (Outgoing Quality Control). Tarkastus tehdään visuaalisesti tuotekohtaisten ohjeiden mukaisesti, tarkastuksessa seurataan tuotteen visuaalista laatua, varmistetaan että tuotteella on oikea tarra yms. Tarkastuksen jälkeen tuotteet pakataan tuotekohtaisesti laatikoihin, joihin kirjataan vaaditut merkinnät ja lähetetään asiakkaalle.

3.2 Tietokannat

Loppukokoonpanosta tallentuu paljon hyödyllistä tietoa eri tietokantoihin, joita ovat

- testauksen tietokanta
- MES-tietokanta
- korjaustyökalun tietokanta
- eräkirjaustyökalun tietokanta.

Testilaitteet lähettävät automaattisesti kaikki funktionaaliset testaus-, ohjelmointi- ja kalibroitiraportit testauksen tietokantaan. Testausraporteista kerätään lähes kaikki tiedot testauksen tietokantaan, jonka avulla voidaan tehdä erilaisia raportteja testaustuloksista analysointia varten. Testauksen tietokanta ja testausraporttien analysointia varten tehty työkalu ovat yrityksen itse suunnittelemaa ja tekemää.

SAP MES (Manufacturing Execution System) on tuotannossa käytössä oleva kaupallinen tuotannonohjausohjelmisto, joka lähettää ja pyytää tietoa toiminnanohjausjärjestelmä ERP:ltä. ERP:stä siirretään tuoterakenteet ja tilaukset MES-tietokantaan, jossa tuotteen työvaiheiden järjestys ja jäljitettävyyys voidaan määritellä. MES:n avulla voidaan jäljittää tuotteeseen ladotut komponenttiero, estää työvaiheiden toteutus väärässä järjestyksessä ja tarkastaa OQC-tarkastuksessa, että kaikki vaadittavat työvaiheet ovat tehty. MES-tietokantaan saadaan myös tallennettua tuotteelle tehty korjaukset. Kaikki tuotteet ovat määritetty MES-tietokantaan pintaladontatasolla, mutta kaikkia tuotteita ei ole määritetty loppukokoonpanon osalta MES-tietokantaan. MES vaatii tuotekohtaisen sarjanumeron jäljitettävyyttä varten, jos tuotteella ei ole sarjanumeroa loppukokoonpanossa, sitä ei voi lisätä MES-tietokantaan loppukokoonpanon osalta.

Yrityksen itse suunnittelemalla ja tehdyllä korjaustyökalulla kirjataan tiedot tehdyistä korjauksista tuotteilla, jotka eivät ole MES-tietokannassa loppukokoonpanon osalta. Kirjatut korjaukset tallentuvat korjaustyökalun tietokantaan, josta voidaan tehdä korjauksista erilaisia raportteja analysointia varten.

Eräkirjaustyökalun tietokantaan kirjataan manuaalisesti tietoa niistä tuotteista, jotka eivät ole loppukokoonpanon osalta MES-tietokannassa tai sillä ei ole tuotekohtaista sarjanumeroa. Eräkirjaustyökaluun voidaan kirjata tietoa miltä työvaiheelta tahansa ja tietoa voidaan tallentaa sarjanumero- tai eräkohtaisesti. Eräkirjaustyökalun tietokanta on myös yrityksen itse suunnittelema ja tekemä.

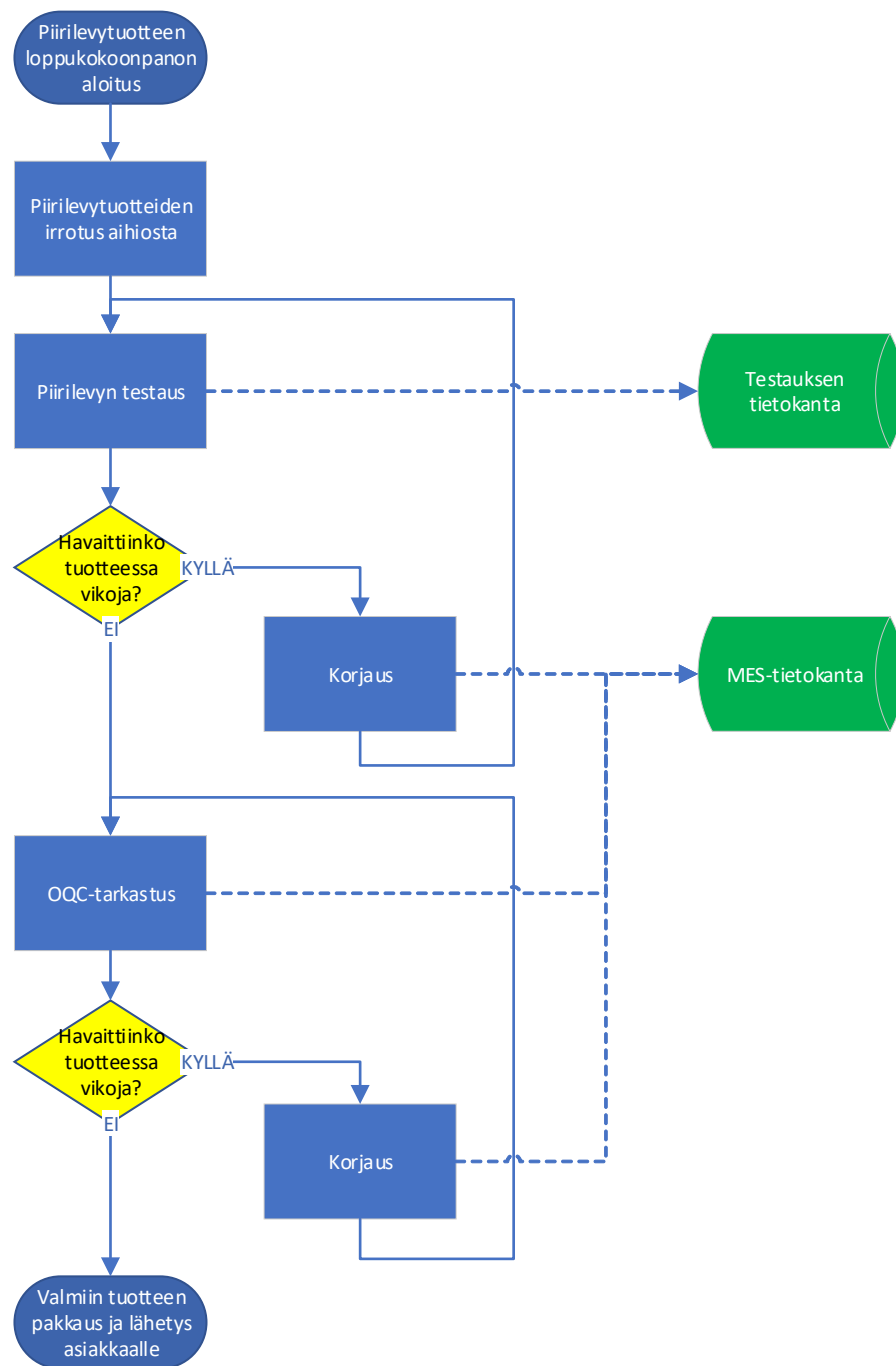
4 Selvitystyön lähtötilanne

4.1 Tuotannon loppukokoonpanon virtaus

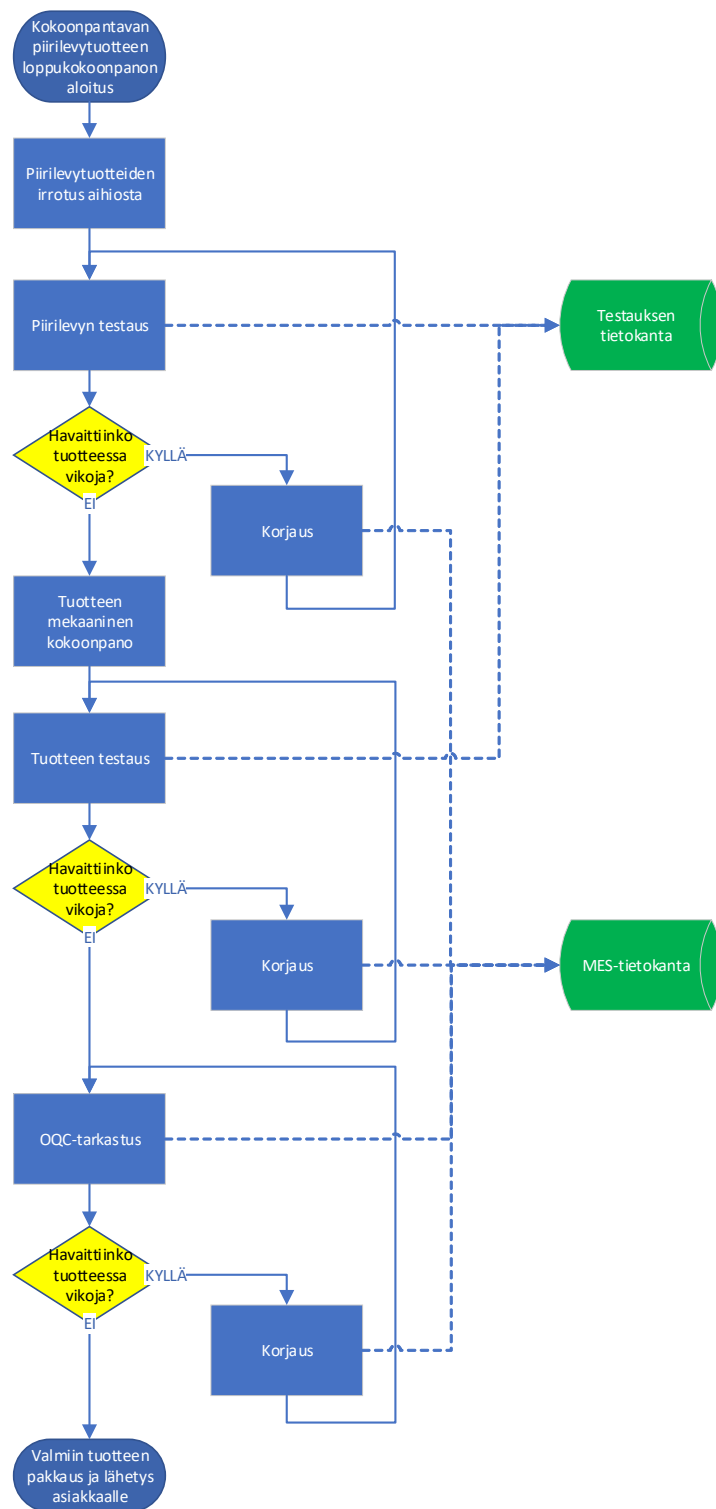
Loppukokoonpanon virtauksesta tehtiin nykytilanteen selvitys. Tämän selvityksen avulla saatiin varmistettua, miten kaikkien loppukokoonpanon työvaiheiden virtaus on toteutettu ja mistä työvaiheista tallennetaan tietoa mihinkin tietokantaan. Selvityksen perusteella voitiin todeta, että asiakkuuden tuotteet valmistetaan suunnitellun virtauksen mukaisesti ja useilla tuotteilla on samanlainen työvaiheiden virtaus. Asiakkuuden tuotteet voidaan jakaa loppukokoonpanon virtauksen osalta kolmeen eri tuotekategoriaan, jotka ovat piirilevytuotteet, kokoonpantavat piirilevytuotteet ja flex-tuotteet.

Asiakkuuden piirilevytuotteet ovat tuotteita, joiden piirilevy materiaalina käytetään elektroniikka tuotannossa suosittua jäykkää FR-4 materiaalia. FR-4 on paloa hillitsevää lasikuidulla vahvistettua epoksipohjaista hartsia. Lyhenne FR-4 tulee palonkestävyysluokasta. Asiakkuuden piirilevytuotteilla on tuotekohtainen sarjanumero ja ne ovat MES-jäljitettäviä myös loppukokoonpanon osalta. Piirilevytuotteet irrotetaan aihioista laser-depenelointilaitteella ja testataan. Piirilevyn testauksesta tallentuu kaikki testausraportin tiedot testauksen tietokantaan. Testauksen jälkeen tuotteet viedään OQC-tarkastukseen ja lähetetään asiakkaalle piirilevytuotteina. Jos tuotteissa havaitaan virheitä testauksessa tai OQC-tarkastuksessa, korjataan virheet ja tuote siirtyy takaisin edelliseen

työvaiheeseen. OQC-tarkastuksesta ja korjauksesta tallennetaan tiedot manuaalisesti MES-tietokantaan (katso kuva 4).



Kuva 4. Piirilevytuotteen loppukokoonpanon työvaiheiden virtaus kuvattuna.

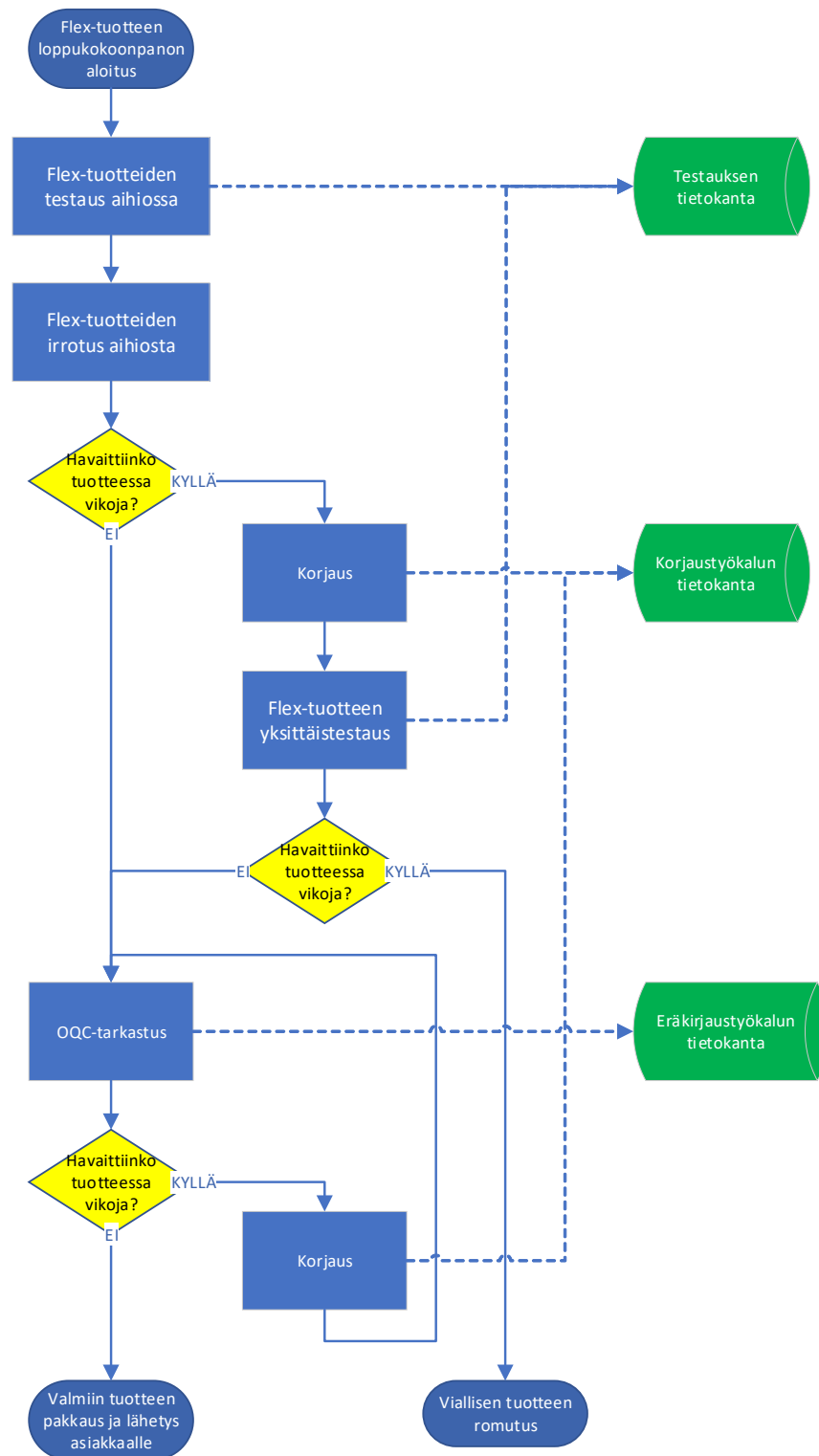


Kuva 5. Kokoonpantavan piirilevytuotteen loppukokoonpanon työvaiheiden virtaus kuvattuna.

Kokoonpantavan piirilevytuotteen virtaus eroaa piirilevytuotteesta sillä, että testattu piirilevy kokoonpannaan mekaniikkaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Kokoonpantu piirilevytuote testataan asiakkaan testilaitteilla. Tuotteen testauksesta tallentuu kaikki testausraportin tiedot testauksen tietokantaan. Jos tuotteissa havaitaan virheitä testauksessa, korjataan virheet ja tuote siirtyy takaisin testaukseen (katso kuva 5).

Flex-tuotteissa käytetään flex-piirilevyä, joka on johdinkuviorakenne, jossa hyödynnetään joustavaa materiaalia. Eristemateriaalina taipuvissa flex-piirilevyissä käytetään yleisesti polymeerifilmiä ja johdinmateriaalina kuparia. Suomenkielessä käytetään myös nimityksiä joustava tai taipuisa piirilevy ja englannin kielestä lainattua nimitystä flex. Flex-piirilevyn käyttö on yleistynyt paljon viime vuosina, koska niiden avulla saadaan valmistettua hyvin pienikokoisia tuotteita. Taipuva materiaali mahdollistaa tuotteen käytön asiakkaan lopputuotteissa mahdollisimman pienessä tilassa. Kaikkiin asiakkuuden flex-tuotteisiin asennettavat komponentit ladotaan pintaladontalinjalla.

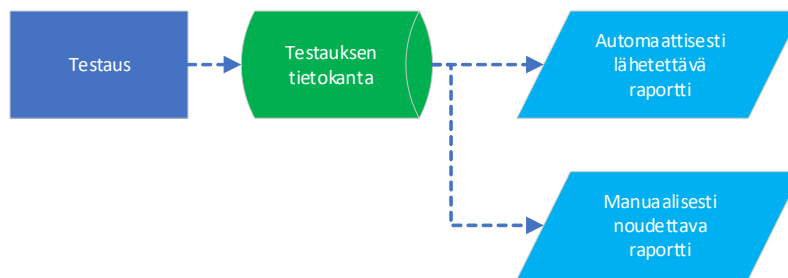
Flex-tuotteen työvaiheiden virtaus eroaa hieman piirilevytuotteiden virtauksesta. Flex-tuotteet testataan ladonta-aihiossa, joka sisältää 20–30 tuotetta testauksen nopeuttamiseksi. Flex-aihio asetetaan automaattitesteriin ja kaikki aihion tuotteet testataan testausohjelman avulla yhdellä testaukserällä. Testauksesta tallentuu automaattisesti kaikki testausraportin tiedot testauksen tietokantaan. Aihiossa testatut tuotteet irrotetaan aihiossa laser-depanelointilaitteella. Testauksessa vialliseksi jääneet tuotteet viedään korjauspisteelle. Tuotteen korjaaja tallentaa manuaalisesti korjauksen tiedot korjaustyökalun tietokantaan. Testauksen hyväksytysti läpäisseet tuotteet siirtyvät OQC-tarkastukseen, josta tarkastaja tallentaa manuaalisesti tietoa eräkirjaustyökalun tietokantaan. Korjatut tuotteet testataan yksittäistestauksella, jonka hyväksytysti läpäisseet tuotteet viedään OQC-tarkastukseen ja vialliset tuotteet romutetaan. Myös yksittäistestauksesta tallentuu testausraportin tiedot testauksen tietokantaan (katso kuva 6).



Kuva 6. Flex-tuotteen loppukokoonpanon työvaiheiden virtaus kuvattuna.

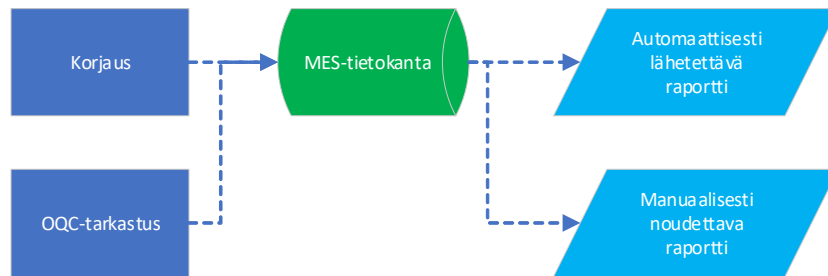
4.2 Tietokantojen hyödyntäminen

Testauksen tietokantaan tallentuu tietoa tuotteen testauksesta, se sisältää kaikista kattavimman tiedon tuotteen loppukokoonpanosta, koska kaikkien asiakkuuden tuotteiden testaukseen liittyvät tiedot ovat samassa tietokannassa. Lisäksi tieto siirtyy testilaitteilta tietokantaan automaattisesti vain muutamien minuuttien viiveellä, joten tieto on kaikista tietokannoista nopeimmin hyödynnettävissä. Testausraportissa on listattu kaikki automaattitesterin tekemien mittauksien tulokset, joiden avulla saadaan myös viallisesta tuotteesta tarkka viankuvaus. Testauksen tietokantaa voidaan hyödyntää luomalla automaattisesti sähköpostiin lähetettäviä raportteja tai hakemalla tietoa manuaalisesti. Tällä hetkellä tietoa haetaan manuaalisesti ongelmatilanteissa ja automaattisesti lähetettäviä raportteja hyödynnetään päivittäisen johtamisen palavereissa (katso kuva 7).



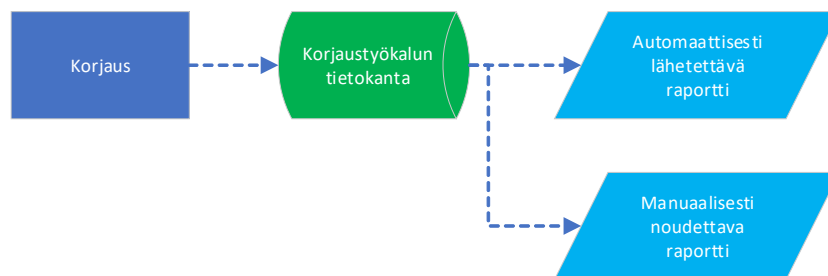
Kuva 7. Testauksen tietokantaan tuleva tieto ja siitä saatava tieto kuvattuna.

Kaikista tuotteista tallentuu tietoa MES-tietokantaan pintaladonnan osalta. Tuotteiden loppukokoonpanosta MES-tietokantaan tallentuu tietoa tuotteiden korjauksesta ja OQC-tarkastuksesta niiden tuotteiden osalta, jotka ovat loppukokoonpanossa MES-jäljitettäviä. Toisin sanoen flex-tuotteet tai tuotteet, joilla ei ole tuotekohtaista sarjanumeroa eivät voi tällä hetkellä tallentaa tietoa MES-tietokantaan loppukokoonpanosta. MES-tietokanta on hyvin kattava tiedonlähde, koska sen avulla tuotteen koko valmistusprosessi voidaan jäljittää sarjanumeron avulla, sillä tietoa tallennetaan useasta eri prosessista. MES-tietokantaa voidaan hyödyntää luomalla automaattisesti sähköpostiin lähetettäviä raportteja tai hakemalla tietoa manuaalisesti. Tällä hetkellä tietoa haetaan manuaalisesti ongelmatilanteissa ja automaattisesti lähetettäviä raportteja hyödynnetään päivittäisen johtamisen palavereissa (katso kuva 8).



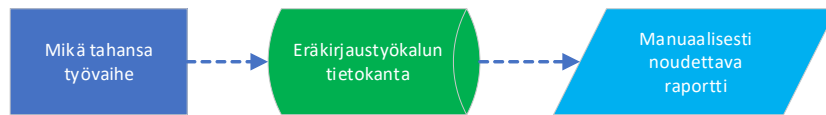
Kuva 8. MES-tietokantaan tuleva tieto ja siitä saatava tieto kuvattuna.

Korjaustyökalun tietokantaan tallennetaan manuaalisesti tieto korjauksista tuotteilla, joilla on sarjanumero, mutta eivät ole MES-jäljitettäviä loppukokoonpanon osalta. Eli flex-tuotteiden korjauksista tallennettu tieto on korjaustyökalun tietokannassa. Korjaustyökalun tietokantaa voidaan hyödyntää luomalla automaattisesti sähköpostiin lähetettäviä raportteja tai hakemalla tietoa manuaalisesti. Tällä hetkellä tietoa haetaan manuaalisesti ongelmatilanteissa, mutta automaattisesti lähetettäviä raportteja ei hyödynnetä riittävän järjestelmällisesti (katso kuva 9).



Kuva 9. Korjaustyökalun tietokantaan tuleva tieto ja siitä saatava tieto kuvattuna.

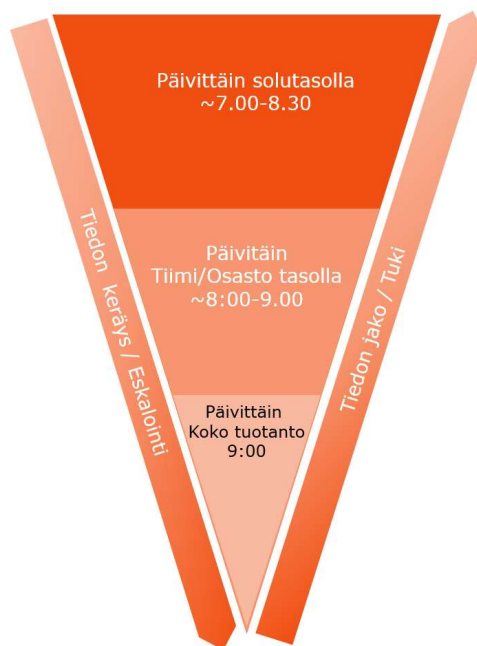
Eräkirjaustyökalun tietokantaan voidaan tallentaa manuaalisesti tieto mistä tahansa työvaiheelta sarjanumero- tai eräkohtaisesti. Kyseistä tietokantaa käytetään kirjaamaan tietoa eri työvaiheilta tuotteilla, joilla ei ole sarjanumeroa tai MES-jäljitettävyyttä loppukokoonpanossa. Flex-tuotteilla ei ole MES-jäljitettävyyttä loppukokoonpanossa, joten niiden OQC-tarkastuksen tulokset tallennetaan eräkirjaustyökalulla. Tietokantaan tallennettua tietoa voidaan hyödyntää vain hakemalla tietoa manuaalisesti. Tällä hetkellä tietoa haetaan manuaalisesti ongelmatilanteissa, eikä tietoa hyödynnetä järjestelmällisesti (katso kuva 10).



Kuva 10. Eräkirjaustyökalun tietokantaan tuleva tieto ja siitä saatava tieto kuvattuna.

4.3 Päivittäinen johtaminen

Päivittäisen johtamisen palaveri on päivittäin tuotannossa pidettävä nopea palaveri, jossa käydään läpi tuotannon eilisen vuorokauden tapahtumat. Päivittäisen johtamisen palavereja pidetään tuotannossa aamun aikana useita. Palaverit ovat tiimi- tai solukohtaisia. Palaveriin osallistuu kyseisen tuotteen tai tuoteryhmän valmistuksesta vastaavat operaattorit, tiiminvetäjä, tuotannon esimies, tuoteomistaja ja testaus ylläpidon henkilö. Kaikista tiimi- tai solukohtaisista palavereista tiiminvetäjät vievät tarvittavat tiedot eteenpäin koko tehtaan tason päivittäisen johtamisen palaveriin, joka pidetään tiimikohtaisten palaverien jälkeen aamupäivällä. Tuotannon tukifunktiot pitävät erikseen omat päivittäiset palaverinsa (katso kuva 11).



Kuva 11. Päivittäisen johtamisen palaverien tasot ja aikataulut.

Päivittäisen johtamisen palaverissa tuotteiden valmistuksen laatuun liittyviä seurattavia asioita ovat

- tuotteiden testauksen ensisaanto
- OQC-tarkastuksen tulokset
- korjauksessa olevien tuotteiden lukumäärä
- tuotteiden romutuskustannukset.

Seurattavia asioita arvioidaan edellisen vuorokauden ajanjaksolla. Osalle seurattavista asioista on asetettu tavoiterajat, jonka ylitettyä tai alitettua tulee kirjata toimenpide juuri-syyn selvittämiseksi, jotta voidaan tämän jälkeen tehdä korjaavat toimenpiteet prosessin korjaamiseksi.

Tuotteiden testauksen ensisaantoraportti saadaan päivittäin testauksen tietokannasta automaattisesti sähköpostiin. Jokaista eri tuotetta, tuotetyhmää tai solua koskevaa palaveria varten on oma raporttinsa. Ensisaannolla tarkoitetaan tuotteen tai tuotteiden ensimmäisen testaukserran saantoa, eli kuinka monta prosenttia on läpäissyt testauksen ensimmäisellä yrittämällä. Ensisaannon lyhenteenä käytetään yleisesti FPY:tä (First Pass Yield). Jos palaveri koskee solua tai tuoteryhmää, joka sisältää useita tuotteita, palaverissa arvioita ensisaanto on kaikkien näiden tuotteiden testauksen ensisaanto. Testauksen ensisaannolle on määritelty alarajaksi 95 %.

OQC-tarkastuksen tuloksia seurataan päivittäisen johtamisen palavereissa tuotteilla, jotka ovat MES-jäljitettäviä loppukokoonpanon osalta. MES-tietokannasta saadaan OQC-tarkastuksesta raportti automaattisesti sähköpostiin jokaisena päivänä. OQC-tarkastuksessa havaittujen virheiden määrän ylärajaksi on asetettu yksi tuote tai enemmän.

Tuotteita valmistavat operaattorit vievät vialliset tuotteet vuoronsa päätteeksi tiiminvetäjälle, joka luo näille korjauserät tuotteiden korjaajia varten. Tiiminvetäjä pitää kirjaa korjauksessa olevien tuotteiden määrästä ja tuo tämän tiedon solukohtaisesti päivittäisen johtamisen palaveriin. Korjauksessa olevien tuotteiden määrälle ei ole asetettu ylärajaa.

Tiiminvetäjä vastaa viallisten tuotteiden romutuksista ja tuo palaveriin manuaalisesti ylläpidettävästä Excel-taulukosta kuluvan kuukauden romutuskustannukset

kumulatiivisesti päivittäisen johtamisen palaveriin. Romutuskustannuksille ei ole asetettu palaverissa ylärajaa.

4.4 Tuotannon pysäytyskäytännöt

Päivittäisen johtamisen palaverissa esitettyjen lukujen perusteella voidaan tehdä päätös tuotannon keskeyttämisestä, jos tuotannon jatkaminen ei ole huonon testausaannon, tuotelaadun tai muun syyn vuoksi kannattavaa. Jos tuotanto keskeytetään, on ongelman juurisyy selvitettävä mahdollisimman nopeasti ja tehtävä korjaava toimenpide prosessin korjaamiseksi. Kun korjaava toimenpide on tehty, voidaan tuotantoa jatkaa. Tuotannon keskeyttämiseksi ei ole määritelty selkeitä rajoja, joiden ylitettyä tai alitettua olisi tuotanto keskeytettävä. Tilanne arvioidaan aina tapauskohtaisesti.

Andon-järjestelmä on yksi lean-työkaluista, joka on peräisin Toyotan tuotantojärjestelmästä TPS:stä (Toyota Production System). Andon-järjestelmän avulla tuotteita valmistava operaattori voi hälyttää tuotannon tukifunktion paikalle ongelmatilanteissa. Yritys on suunnitellut ja tehnyt oman Andon-järjestelmä ohjelman. Ohjelma löytyy usealta tietokoneelta eri asiakuustiimeissä. Asiakkuuden kaikkien tuotteiden valmistussoluissa tai niiden välittömässä läheisyydessä on Andon-järjestelmä käytettävissä. Jos operaattori kohtaa ongelman tuotteen valmistuksessa, hän tekee Andon-hälytyksen. Hälytystä tehdessä operaattorin on kirjattava tuotteen valmistukseen liittyviä tietoja kuten eränumero, tuotenumero, solu ja vian kuvaus. Operaattorin on valittava mille tukifunktiolle hälytys tehdään. Vaihtoehtoina ovat tiiminvetäjä, tuoteomistaja, testaus ylläpito, prosessinomistaja tai MES-ylläpito. [3, s. 131.]

Operaattorin järjestelmään tekemästä hälytyksestä lähtee automaattisesti tekstiviesti-ilmoitus valitulle henkilölle tai ryhmälle. Tekstiviestissä lukee operaattorin kirjaamat tiedot, joten tuotannon tukifunktiolla on heti tieto mitä solua ja tuotetta ongelma koskee, sekä operaattorin antama vian kuvaus. Vian kuvauksen perusteella voidaan arvioida ongelman vakavuus ja laajuus, sekä joissakin tilanteissa tiedetään heti mistä ongelma johtuu ja miten se tullaan korjaamaan. Kun hälytyksen vastaanottaja on saanut järjestelmän lähettämän tekstiviestin, hänen on mentävä tutkimaan ongelmaa heti kun mahdollista. Jos ongelmaa ei saada poistettua, paikalle hälytetty tukifunktio ja tuotannon esimies tekevät päätöksen kannattaako tuotantoa jatkaa vai keskeytetäänkö tuotanto, kunnes

ongelma saadaan poistettua. Tehdyistä Andon-hälytyksistä tallentuu tietoa Andon-tietokantaan, johon on pääsyoikeus tällä hetkellä vain muutamalla henkilöllä, koska tietokanta on vasta otettu käyttöön.

4.5 Jatkuva parantaminen

Jos tuotantoprosessi joudutaan keskeyttämään jonkin ongelman vuoksi, selvitetään ongelman juurisyy ja tehdään korjaavat toimenpiteet prosessin korjaamiseksi. Korjaavat toimenpiteet on tehtävä mahdollisimman nopeasti, jotta sama ongelman vuoksi prosessista ei pääse syntymään enempää huonosta laadusta johtuvia kustannuksia. Tämän asian tärkeys korostuu high volume -asiakkuuksilla, koska suuremmilla tuotantoerillä ongelmista johtuvat kustannukset kertaantuvat suuriksi, jos reagointi on hidasta.

Eri tietokannoista haetaan lyhyeltä tai pidemmältä ajanjaksolta raportteja, joita analysoimalla voidaan löytää prosesseista parannettavaa. Prosessin suorituskyyä seurataan ja korjaavia toimenpiteitä tehdään poikkeamia havaittaessa. Tietokannoista eniten tällä hetkellä käytetään testauksen tietokantaa, josta saa kattavia raportteja kaikista asiakkuuden tuotteista. Tuloksien analysointia tehdään päivittäisen johtamisen palavereiden lisäksi enimmäkseen ongelmatilanteita selvittäessä, sekä kuukausittain laajemmassa mittakaavassa.

5 Havaitut ongelmat, muutostyön suunnitelma ja jatkokehitys

5.1 Tuotteiden virtaus ja jaksoaika

Tuotteiden koko tuotantoprosessin jaksoaika on pitkä, tuotetta jalostavaa työtä on vähän suhteessa jaksoaikaan. Eri työvaiheiden välissä on paljon odotusta, jolloin tuotetta ei jalosteta ollenkaan. Tehollista aikaa on pyrittävä lyhentämään ja vaihtelua pienentämään, jotta virtaustehokkuus kasvaa ja tuottavuus paranee. Koko tuotantoprosessin jaksonajan lyhentämiseksi voidaan tehdä jatkokehityksenä erillinen laajempi lean-projekti. Vaihtelua voidaan pienentää hyödyntämällä tietokantoja järjestelmällisemmin ja tekemällä korjaavia toimenpiteitä erityssyyvaihtelun poikkeamia havaittaessa.

5.2 Tietokantojen hyödyntäminen

Testauksen tietokannasta saadaan nopeasti ja automaattisesti kattava määrä tietoa kaikkien tuotteiden loppukokoonpanon ongelmista. Testauksen tietokantaa tulee hyödyntää järjestelmällisemmin ja lyhyemmällä aikavälillä, kuin tällä hetkellä hyödynnetään. Tätä varten täytyy suunnitella ja luoda uusia testausraaportteja testauksen tietokantaan testauskehitysosaston kanssa yhteistyössä. Uusien raporttien avulla pystytään toteamaan nopeammin mikä on ongelman juurisyy. Tällä hetkellä juurisyytä selvittäessä täytyy yhdistellä useita eri testausraaportteja Excel-taulukossa, jotta saadaan ongelman kokonaiskuva havainnollistettua. Lisäksi testausraporttien tietojen yhdistäminen vie paljon työaikaa, mikä hidastaa reagointia, kun valmiin raportin saisi järjestelmästä automaattisesti lähetettyä sähköpostiin.

MES-tietokantaan tallennettua tietoa hyödynnetään korjauksen osalta järjestelmällisesti. Tietokanta lähettää edellisen viikon aikana tehdyistä korjauksista automaattisesti raportin pintaladontaosastolle. Tieto analysoidaan pintaladontaosastolla viikoittain, korjaustiedoista voidaan havaita ladontavirheitä, jotka on korjattu loppukokoonpanossa. Pintaliitososasto tekee selvityksen ongelman juurisyyistä ja korjaavat toimenpiteet prosessille. OQC-tarkastuksen osalta MES-tietokantaa hyödynnetään järjestelmällisesti päivittäisen johtamisen palavereissa. Tietokanta lähettää raportin edellisen päivän OQC-tarkastuksen tuloksista automaattisesti sähköpostiin.

Tuotannon virtauksen nykytilanteen selvitystä tehdessä havaittiin, että korjaustyökalun tietokantaa hyödynnetään vähän, eikä se ole järjestelmällistä. Tietokannassa on paljon hyödyllistä tietoa loppukokoonpanossa tehdyistä korjauksista, lisäksi raportit ovat lähetettävissä automaattisesti sähköpostiin. Myös korjaustyökalun tietokantaan tarvitaan uusia raportteja, jotta raportti saadaan automaattisesti lähetettyä järjestelmästä ilman nykyisten raporttien yhdistelemistä Excel-taulukossa. Uusia raportteja korjaustyökalun tietokantaan on suunniteltava ja tehtävä testauskehitysosaston kanssa yhteistyössä.

Eräkirjaustyökalun tietokantaa hyödynnetään erittäin vähän. Tietokanta on vanhentunut ja poistumassa käytöstä. Eräkirjaustyökaluun ei olla tekemässä enää parannuksia. Kaikki eräkirjaustyökaluun tallennettava tieto on pyrittävä tallentamaan muihin

tietokantoihin mahdollisimman pian, jotta tallennettua tietoa pystytään hyödyntämään järjestelmällisesti.

5.3 Päivittäinen johtaminen

Päivittäisen johtamisen palaverissa seurataan tuotteiden testauksen ensisaantoa, jolle on määritelty alarajaksi 95 %. Jos tuotteen ensisaanto alittaa alarajan, täytyy tehdä ongelman juurisyyn selvitys. Jos saanto on erittäin huono, on myös tehtävä päätös, keskeytetäänkö kyseisen tuotteen tuotanto juurisyyn selvittämisen ajaksi. Päivittäisen johtamisen palaverissa testauksen ensisaantoja katselmoidessa ongelmana on tuoteryhmät. Useita eri tuotteita ja testausprosesseja saattaa kuulua tiettyyn tuoteryhmään, jota tarkastellaan yhtenä ensisaantolukuna. Jos tuoteryhmässä on useita tuotteita, kaikkia ongelmia ei havaita. Jos esimerkiksi tuoteryhmässä eniten testatulla tuotteella on hyvä ensisaanto, saattaa vähemmän testatun tuotteen huono ensisaanto jäädä havaitsematta. Tämä johtuu siitä, että tuoteryhmän ensisaanto ei välttämättä putoa alarajan alle yhden tuotteen huonon ensisaannon vuoksi. Jatkuva pieni määrä testausviallisia tuotteita ei siis välttämättä aiheuta toimenpiteitä päivittäisen johtamisen palaverissa.

OQC-tarkastuksen tuloksia arvioidaan vain tuotteilta, jotka ovat MES-jäljitettäviä loppukokoonpanossa, koska MES-tietokannasta saadaan automaattisesti raportti päivittäin. Loputkin tuotteet on päivitettävä MES-jäljitettäviksi loppukokoonpanon osalta mahdollisimman pian, mitkä eivät vielä ole.

Kuluvan kuukauden kumulatiiviselle romutuskustannukselle ei ole asetettu palaverissa ylärajaa, jonka ylitettyä vaadittaisiin toimenpiteitä. Kyseisen luvun päivittäinen seuraaminen ei tuo merkittävää lisäarvoa, eikä sitä järjestelmällisesti hyödynnetä. Romutuskustannuksien seuranta päivittäisen johtamisen palaverin aiheista on poistettava ja jatkettava seurantaa viikkotasolla analysoiden kustannuksia tarkemmin.

Päivittäisen johtamisen palavereita pidetään useita, niitä lähes kaikkia yhdistää sama ongelma, joka on liian suuret tuoteryhmät. Palaverin tuoteryhmä voi olla liian suuri ja sisältää eri kyvykkyyden omaavia prosesseja. Tässä tapauksessa tuoteryhmän seurattavien asioiden lukujen vaihtelu on suurta, johtuen eri prosessien kyvykkyydestä. Seurattavan luvun vaihtelua ei saada pienennettyä merkittävästi jakamatta eri prosessin

kyvykkyyden omaavia tuotteita eri tuoteryhmiin. Kun tuoteryhmät jaetaan kyvykkyydel-
tään toisiaan vastaaviin tuoteryhmiin, on seurattavan luvun vaihtelu pienempää. Kun
vaihtelu on pienempää ja seurattavan luvun vaihtelua seurataan järjestelmällisesti, saa-
daan seurattavalle luvulle laskettua ohjausrajat prosessin kyvykkyyden mukaan. Jos
seurattava luku ylittää tai alittaa ohjausrajat pystytään havaitsemaan erityssyyvaihtelun
poikkeamia, jotka tutkitaan ja tehdään tarvittavat toimenpiteet prosessin korjaamiseksi.
Jos prosesseja ei jaeta kyvykkyyden mukaisiin ryhmiin, ohjausrajoista tulee liian suuret.
Jos ohjausrajat ovat suuret, prosessia ei saada parannettua niin hyvin, sillä erityssyy-
vaihtelun poikkeamat ovat vaikeammin havaittavissa. Jos prosessin kyvykkyys eroaa
muista tuotteista täysin, tulee tuote arvioida erikseen yksittäisenä tuotteena.

Tällä hetkellä tehdastasolla on käytäntönä jakaa päivittäisen johtamisen palaverit asiak-
kuuksissa solu-, tuote- tai tuoteryhmäkohtaisiin erillisiin palavereihin, jossa seurataan
useita asioita näiden tuotteiden valmistuksessa. Jos arvioidaan useampaa tuotetta ker-
ralla, kaikkien tuotteiden kaikkien arvioitavien asioiden kyvykkyys ei välttämättä ole sa-
malla tasolla. Tämän takia jotkin arvioitavat luvut tulevat sisältämään enemmän proses-
sien kyvykkyysien eroista johtuvaa vaihtelua.

Parempi vaihtoehto voisi olla jakaa asiakkuuden päivittäisen johtamisen palaverit tuot-
teiden sijaan seurattaviin asioihin. Näissä palavereissa tuotteet jaettaisiin kyvykkyyden
ja valmistusmäärien mukaan eri ryhmiin. Tällä tavalla toteutettuna palavereissa seurat-
tavilla luvuilla olisi mahdollisimman vähän prosessien kyvykkyysien eroista johtuvaa
vaihtelua. Ongelmat tuotteissa, joita on valmistettu vähemmän, nousisivat myös helpom-
min esille.

5.4 Tuotannon pysäytyskäytännöt

Kaikkien tuotteiden testausprosessien kyvykkyys on todennettava. Tuotteiden testaus-
saannoille on laskettava ohjausrajat. Ohjausrajojen perusteella on määriteltävä rajat tuo-
tannon pysäytyksille. Kun tuotannon pysäytyksen rajat ovat määritelty on kaikille selke-
ämpää, milloin tuotantoa jatketaan tai milloin tuotanto on keskeytettävä ja ongelman juu-
risyy selvitettävä välittömästi.

Mikäli Andon-järjestelmästä on tehty hälytys tuotannon tukifunktiolle, paikalle hälytetty tukihenkilö sulkee hälytyksen Andon-järjestelmästä ongelman poistuttua tai jos tukihenkilön on poistuttava solusta ennen ongelman poistumista. Hälytystä suljettaessa on lisättävä vaihtoehdot viankuvauksen luokituksesta vapaamuotoisen tekstikentän lisäksi. Hälytyksen sulkeva henkilö voi tämän jälkeen luokitella johtuiko hälytykseen johtanut virhe työkalusta, tuotteesta, testeristä, aiemmasta prosessista, puutteellisista ohjeista tai jostakin muusta. Kun Andon-tietokanta saadaan laajempaan käyttöön, voidaan tietokantaan tallennettua tietoa hyödyntää jatkuvaan parantamiseen analysoimalla mistä syistä tuotanto on keskeytynyt pidemmän ajanjakson aikana.

5.5 Jatkuva parantaminen

Päivittäisen johtamisen palaverissa ei saada tarpeeksi kattavaa tietoa prosesseista, jotta prosesseja saataisiin järjestelmällisesti parannettua riittävän hyvin. Asiakkuustiimeillä on viikoittain pidettävä palaveri, jossa katselmoidaan edellisen viikon tapahtumat läpi, keskittyen asiakkuustiimiin liiketoiminnan kannalta. Kyseiseen palaveriin on kehitettävä uusia raportteja yhteistyössä testauskehitysosaston kanssa, jotta saadaan kattavampi analyysi suuremmasta määrästä tuotteita viikon ajalta. Palaveriin tuodun tiedon pohjalta tehdään korjaavia toimenpiteitä prosesseihin. Asiakaspäällikön toiveena on keskittyä parantamaan ensisijaisesti prosesseja, joista syntyy eniten huonosta laadusta johtuvia kustannuksia. Näillä toimenpiteillä saadaan huonosta laadusta johtuvien kustannusten pienentämisen lisäksi parannettua prosessien kyvykkyyttä.

Pidemmän aikataulun suunnitelmana on määritellä kaikkien tuotteiden testausprosessien kyvykkyys laskemalla testausaannoille ohjausrajat. Tämä vaatii myös uuden testausaantoraportin suunnittelun ja toteutuksen. Uuden automaattisen raportin voisi laittaa päivittymään minuuttien viiveellä asiakkuustiimiin näytölle, josta operaattori voisi tarkastaa ongelmatilanteista onko heikko testausaanto testausprosessin satunnaisvaihtelua vai ohjausrajan alittava erityisyys poikkeama, joka pitää tutkia. Operaattori voisi erityisyyden havaitessaan tehdä Andon-hälytyksen tuotannon tukifunktiolle.

Vielä pidemmän aikataulun suunnitelmana testauksen tietokanta voisi automaattisesti laskea ohjausrajat kaikkien tuotteiden eri testausprosessien automaattitestereiden mitauksille. Tietokanta hälyttäisi automaattisesti, jos se havaitsisi erityisyyttä poikkeamia

mittauksien tuloksissa. Tällä tavalla ongelmat havaittaisiin jo ennen kuin testaussaannot putoavat ja tuotteita on päätyntä testausvialliseksi. Näin ongelmat voitaisiin poistaa ennakoiden, mikä lyhentäisi tuotteiden jaksoaikaa ja pienentäisi vaihtelua sekä huonosta laadusta johtuvia kustannuksia.

6 Uudet raportit

6.1 Mittausaantoraportti 1

Testauksen tietokannasta saa useita erilaisia raportteja testaussaannoista, mutta ongelmana on, että usein analyysyjä tehdessä joutuu hakemaan useita eri testaussaantoraportteja ja yhdistelemään niitä Excel-taulukossa. Kaikki olemassa olevat testaussaantoraportit käytiin läpi ja tutkittiin niiden ominaisuuksia. Yhdistelemällä eri raporttien parhaita ominaisuuksia luotiin testauskehitysosastolle luonnos uudesta raportista, joka listaisi valitun asiakkuuden kaikki automaattitestereiden mittaukset, joita testattavat tuotteet eivät läpäise. Tämän luonnoksen pohjalta saatiin mittausaantoraportti 1 tehtyä testauskehitysosaston kanssa.

Mittausaantoraportin 1 hakukentässä määritellään, miltä tehtaalta ja miltä asiakkuudelta tuloksia haetaan. Lisäksi on määriteltävä ajanjakso, kuinka monta päivää taaksepäin tietoa haetaan. Raportista saadaan suodatettua muutaman kappaleen koe-erät pois nostamalla minimi testauskertojen määrää. Raportista saadaan myös suodatettua pois testaukset, jotka ovat aiheuttaneet vain muutamia viallisia, nostamalla testien minimirajaa, jotka eivät ole läpäisseet testiä (katso kuva 12).



Site	<input type="text" value=""/>	Customer	<input type="text" value=""/>
Days	<input type="text" value="7"/>	Minimum Runs	<input type="text" value="100"/>
Minimum Fails	<input type="text" value="10"/>		

Kuva 12. Mittausaantoraportin 1 hakukenttä.

Yksittäisellä tuotteella voi olla eri testausprosesseja, jotka ovat käytännössä eri automaattitestereitä. Testausprosessi sisältää useita automaattitesterin suorittamia mittauksia. Uudessa mittaussaanteraportissa 1 on listattuna kaikki valitun asiakkuuden ensisaannon osalta heikoimmat automaattitesterin mittaukset. Raportti voidaan hakea tietokannasta, milloin tahansa tai luoda automaattisesti sähköpostiin lähetettävä raportti. Kyseistä raporttia tullaan käyttämään asiakkuustiimin viikoittaisessa palaverissa osana uutta viikoittaista testausaanteraporttia 2 (katso kuva 13). Kuvan 13 mittaussaanteraportti 1 löytyy suurennettuna liitteestä 1.

Customer	Process	Product	Revision	Step	Total			First pass		
					Runs	Fails	Yield	Runs	Fails	Yield
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	0	Mittaus 1	588	121	79,40 %	434	69	84,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	0	Mittaus 2	588	121	79,40 %	434	69	84,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 1	503	42	91,70 %	367	18	95,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 2	503	26	94,80 %	367	14	96,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 1	456	20	95,60 %	425	16	96,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 1	696	39	94,40 %	671	25	96,30 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 2	456	18	96,10 %	425	14	96,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 3	456	15	96,70 %	425	12	97,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 5	Tuote 5	3	Mittaus 1	400	12	97,00 %	385	10	97,40 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 3	522	17	96,70 %	372	5	98,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 4	522	17	96,70 %	372	5	98,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 2	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 3	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 4	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 5	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %

Kuva 13. Mittaussaantoreportti 1.

6.2 Viikoittaiset testausaanteraportit 1 ja 2

Asiakkuustiimin viikoittaisessa palaverissa keskitytään asiakkuustiimin liiketoimintaan ja asiakaspäällikön toiveena oli keskittyä ensisijaisesti korjaamaan prosesseja, joista saadaan eniten vähennettyä huonosta laadusta johtuvia kustannuksia. Palaveria varten tehtiin uusi Excel-taulukko pohjainen viikoittainen testausaanteraportti 1 yhdistelemällä eri testausaanteraporttien tietoja. Excel-taulukkoon on määritelty yhdellä välilehdellä tuotteisiin liittyviä tietoja, kuten testausaika ja tuotehinta, jotka noudetaan automaattisesti testausaanteraporttiin toisille välilehdille.

Testauksen tietokannasta lähetetään jatkossa automaattisesti viikoittain tuotteiden testausaanteraportti csv-tiedostona jaetulle verkkolevyllä. Tuotteiden

testaussaantoraportti sisältää kaikkien asiakkuuden viikon aikana valmistettujen tuotteiden määrät ja testausaannot. Viikoittainen testausraportti 1 noutaa automaattisesti tiedoston avatessa csv-tiedostosta kaikki tuotteiden testaussaantoraportin tiedot.

Viikoittaisessa testausraportissa 1 on edellisen viikon aikana testattujen tuotteiden määrät ja saannot, sekä eritelty tuotteiden eri testausprosessit. Taulukossa on laskettu arvio romutuskustannuksista edellisen viikon testausaannoilla, eli jos testauksessa vialliseksi todettuja tuotteita ei saada korjattua ja ne joudutaan romuttamaan. Taulukossa on myös arvio uudelleen testauksesta johtuvasta ylimääräisistä työkustannuksista, joka perustuu tuotteen ensisaantoon ja testausaikaan. Taulukossa tuotteet ovat listattu CoPQ (Cost of Poor Quality), eli huonosta laadusta johtuvien kustannuksien mukaiseen järjestykseen, suurimmasta pienimpään. Viimeisessä Top 5-sarakkeessa on listattuna viisi testausprosessia, joiden huonosta laadusta johtuvat kustannukset ovat suurimmat (katso kuva 14). Kuvan 14 viikoittainen testaussaantoraportti 1 löytyy suurennettuna liitteestä 2.

Customer	Process	Product	Revision	FP volume	FPY	Total volume	Total yield	Product scrap risk	Retest rework	CoPQ	Top 5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	2421	90,87 %	2471	96,28 %	634 €	69 €	703 €	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	1856	96,39 %	1874	98,51 %	509 €	63 €	571 €	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	2370	90,84 %	2411	97,93 %	344 €	59 €	403 €	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 4	4	566	95,41 %	569	96,31 %	392 €	10 €	403 €	4
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 3	3	1826	98,96 %	1840	98,91 %	366 €	24 €	389 €	5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 1	1	2395	95,99 %	2408	98,55 %	241 €	45 €	286 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 6	1	1129	94,07 %	1129	95,93 %	268 €	10 €	279 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 7	2	1050	86,10 %	1128	93,26 %	246 €	23 €	268 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 5	Tuote 1	1	2340	98,21 %	2349	99,53 %	76 €	12 €	88 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 1	0	6	0,00 %	6	0,00 %	41 €	3 €	44 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 9	0	293	88,74 %	294	99,32 %	34 €	9 €	43 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 10	4	260	83,85 %	260	96,92 %	25 €	7 €	32 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 4	4	563	99,29 %	563	99,82 %	19 €	5 €	24 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 8	1	456	92,32 %	460	99,57 %	16 €	5 €	22 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 2	0	1199	100,00 %	1237	100,00 %	0 €	0 €	0 €	

Kuva 14. Viikoittainen testaussaantoraportti 1.

Viikoittaisessa testaussaantoraportissa 2 on listattuna viimeisessä Top 5-sarakkeessa viikoittaisen testaussaantoraportin 1 viisi testausprosessia, joiden huonosta laadusta johtuvat kustannukset ovat suurimmat. Viikoittainen testaussaantoraportti 2 listaa näiden viiden testausprosessin automaattitesterin mittaukset, joita testatut tuotteet eivät ole läpäisseet (katso kuva 15). Kuvan 15 viikoittainen testaussaantoraportti 2 löytyy suurennettuna liitteestä 3.

Customer	Process	Product	Revision	Step	Runs	Fails	Test Yield	Runs1st	Fails1st	FPY	Top 5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 1	2679	161	94,00 %	2398	106	95,60 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 2	2679	113	95,80 %	2398	93	96,10 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 3	2721	30	98,90 %	2421	18	99,30 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	Mittaus 1	1940	38	98,00 %	1849	35	98,10 %	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	Mittaus 2	1898	36	98,10 %	1810	16	99,10 %	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	Mittaus 1	2724	327	88,00 %	2370	214	91,00 %	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	Mittaus 2	2724	327	88,00 %	2370	214	91,00 %	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 1	4	Mittaus 1	573	12	97,90 %	551	5	99,10 %	4
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 3	3	Mittaus 1	1835	12	99,30 %	1815	6	99,70 %	5

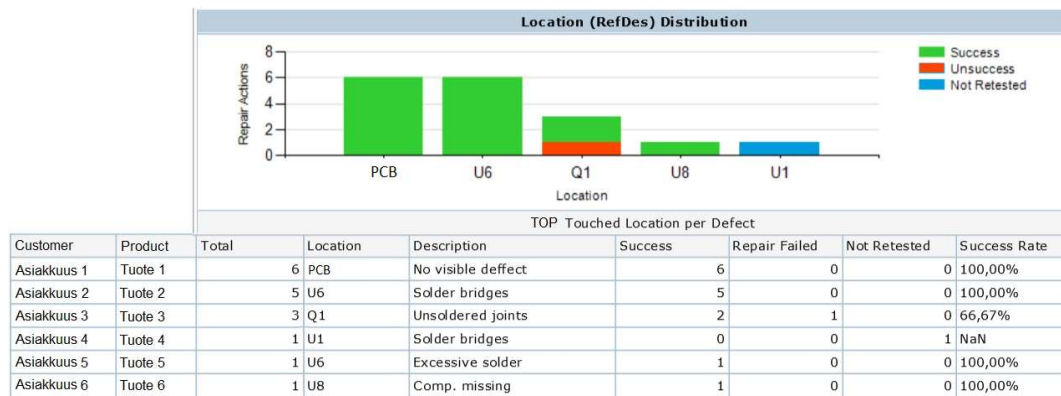
Kuva 15. Viikoittainen testausaantoraportti 2.

Viikoittaisessa palaverissa voidaan arvioida viikoittaisten testausaantoraporttien 1 ja 2 avulla missä testausprosessissa olisi eniten parannettavaa huonosta laadusta johtuvien kustannuksien osalta. Prosessien parantamiseksi avataan viikoittain uusia projekteja.

6.3 Korjaustyökaluraportin 1 luonnos

Työn aikana havaittiin, että korjaustyökalun tietokantaa ei hyödynnetä riittävästi. Tuotantopäällikön kanssa asiasta keskusteltua tultiin johtopäätökseen, että korjaustyökalun tietokannasta tarvitaan uusi raportti, joka lähetettäisiin automaattisesti pintaladontaosastolle viikoittain. Olemassa olevia raportteja tutkittiin ja valittiin niistä parhaat ominaisuudet, jotka yhdistettiin korjaustyökaluraportin 1 luonnokseen. Luonnos tehtiin testauskehitysosastoa varten, minkä kanssa yhteistyössä uusi raportti kehitetään.

Raportissa olisi listattuna koko tehtaan tasolla edellisen viikon kaikki loppukokoonpanossa tehdyt korjaukset, jotka ovat kirjattu korjaustyökaluun ja niiden onnistumisprosentti. Raportin avulla saataisiin pintaladontaosastolle palaute pintaladontaprosessin virheistä, joita he eivät ole havainneet. Palaute voidaan antaa myös muille osastoille, mikäli muihin prosesseihin liittyviä vikoja havaitaan. Raportti olisi tarkoitus käydä läpi viikoittain ja avata havaintojen perusteella uusia projekteja prosessien parantamiseksi (katso kuva 16). Kuvan 16 korjaustyökaluraportin 1 luonnos löytyy suurennettuna liitteestä 4.



Kuva 16. Korjaustyökaluraportin 1 luonnos.

7 Yhteenveto

Yrityksen asiakkuuksien ja tuotantoerien määrät ovat kasvaneet viime vuosien aikana. Insinööriyössä keskityttiin asiakkuuteen, jonka tuotantomäärät ovat kasvaneet low volumeesta high volumeen. Työn päätavoitteena oli kehittää tuotannon loppukokoonpanosta tietokantoihin tallentuvan tiedon hyödyntämistä järjestelmällisemmin parantamalla informaatiivirtausta. Tuotannosta kerättävän tiedon nopeasti hyödyntämisen tärkeys korostuu high volume -asiakkuuksilla. Korjaavat toimenpiteet prosessin parantamiseksi on tehtävä nopeammin, koska valmistettavia tuotteita on tuotannossa suuria määriä.

Työssä perehdyttiin leaniin elektroniikan sopimusvalmistuksessa ja selvitettiin asiakkuuden tuotteiden valmistuksen virtauksen nykytilanne. Selvityksessä havaittiin, että koko tuotantoprosessin jaksoaika on pitkä ja tuotetta jalostavaa työtä on vähän suhteessa jaksoaikaan. Tehollista aikaa on pyrittävä lyhentämään ja vaihtelua pienentämään, jotta virtaustehokkuus kasvaa ja tuottavuus paranee. Koko tuotantoprosessin jaksoajan lyhentämiseksi voidaan tehdä jatkokehityksenä erillinen laajempi lean-projekti. Vaihtelua voidaan pienentää hyödyntämällä tietokantoja paremmin ja tekemällä tietokannoista saatujen tietojen perusteella korjaavia toimenpiteitä prosessien parantamiseksi.

Työssä havaittiin, että osaa tietokantoihin tallennetuista tiedoista ei hyödynnetty järjestelmällisesti. Useasta tietokannasta saadaan luotua raportteja automaattisesti, joiden hyödyntämistä parannettiin. Kuitenkaan kaikista tietokannoista ei saatu raportteja, joita

olisi voitu hyödyntää tehokkaasti. Erityisesti tulisi jatkossa parantaa testauksen tietokannan hyödyntämistä, sillä sen avulla saadaan tuotannosta kattava tieto ja reagoitua poikkeamiin nopeasti. Uusia automaattisten raporttien luonnoksia suunniteltiin testauskehitysosastoa varten. Testauskehitysosasto ehti toteuttaa työn aikana muutaman raportin ja tulevat toteuttamaan tulevaisuudessa vielä lisää uusia raportteja.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että päivittäisen johtamisen palaverissa ei saatu riittävän kattavaa tietoa prosesseista, jotta prosesseja olisi saatu järjestelmällisesti parannettua riittävän hyvin. Jos tuotanto keskeytettiin, tutkittiin ongelman juurisyytä ja tehtiin toimenpiteitä prosessin korjaamiseksi. Tutkimuksessa todettiin, että pelkästään edellä mainitut toimenpiteet eivät riitä prosessien kyvykkyyden parantamiseksi tai vaihtelun pienentämiseksi. Asiakkuustiimin viikoittaiseen palaveriin luotiin uusia automaattisia raportteja, joiden avulla saatiin parannettua prosessien kyvykkyyttä, sekä pienennettyä prosessin vaihtelua, keskittyen ensisijaisesti prosesseihin, joista syntyi eniten huonosta laadusta johtuvia kustannuksia. Kuitenkaan tämä ei vielä riitä, vaihtelua on seurattava tarkemmin ja useammin, sekä poikkeamiin on reagoitava nopeammin.

Pidemmän aikataulun suunnitelmana on määritellä kaikkien tuotteiden testausprosessien kyvykkyys laskemalla testausaannoille ohjausrajat. Uuden raportin voisi laittaa päivittymään minuuttien viiveellä asiakkuustiimiin näytölle, josta operaattori voisi tarkastaa ongelmatilanteista onko heikko testausaanto testausprosessin normaalia satunnaisvaihtelua vai ohjausrajan alittava erityisyy poikkeama, joka pitää tutkia.

Vielä pidemmän aikataulun suunnitelmana testauksen tietokanta voisi automaattisesti laskea ohjausrajat kaikkien tuotteiden eri testausprosessien automaattitestereiden mitauksille. Tietokanta hälyttäisi automaattisesti, jos se havaitsisi erityisyy poikkeamia mitauksien tuloksissa. Tällä tavalla ongelmat havaittaisiin jo ennen kuin testausaannot putoavat ja tuotteita on päätyntä testausvialliseksi. Näin ongelmat voitaisiin poistaa ennakoiden, mikä lyhentäisi jaksoaikaa ja pienentäisi vaihtelua sekä huonosta laadusta johtuvia kustannuksia.

Insinööriyön tavoitteet täyttyivät hyvin, sillä tiedon hyödyntämistä saatiin muutettua järjestelmällisemmäksi parantamalla informaatiovirtausta ja työssä tehtiin muitakin tärkeitä havaintoja tuotannosta. Työn tilastollista vaikutusta ei pystytty vielä arvioimaan näin

lyhyellä aikavälillä toteutetun muutostyön jälkeen. Voidaan kuitenkin todeta, että muutostyön avulla ongelmat ovat helpommin havaittavissa ja juurisyy selvitys on nopeampaa. Korjaavat toimenpiteet ovat myös nopeammin toteutettavissa, kun juurisyy on nopeammin selvillä. Työssä suunniteltiin myös useita jatkokehityksiä, joita ei ehditty toteuttamaan työn aikana, mutta voidaan toteuttaa tulevaisuudessa. Insinööritöissä tehtyjä parannuksia ja suunniteltuja jatkokehityksiä voidaan hyödyntää yrityksen muiden high volume -asiakkuuksien ja soveltuvilta osin myös low volume -asiakkuuksien tuotannossa. Työssä kehitettyjä tietokantojen uusia automaattisia raportteja voidaan hyödyntää sellaisenaan yrityksen muiden asiakkuuksien tuotannossa.

Lähteet

- 1 Modig, Niklas & Åhlström, Pär. 2018. Tätä on lean. 7. painos. Halmstad: Rheologica Publishing.
- 2 Piirainen, Antti. 2014. Vaihtelu. 1. painos. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 3 Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. 2. painos. Helsinki: A Bonnier Group Company.

Mittausaantoraportti 1

Kuvan 13 mittausaantoraportti 1 suurennettuna.

Customer	Process	Product	Revision	Step	Total			First pass		
					Runs	Fails	Yield	Runs	Fails	Yield
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	0	Mittaus 1	588	121	79,40 %	434	69	84,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	0	Mittaus 2	588	121	79,40 %	434	69	84,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 1	503	42	91,70 %	367	18	95,10 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 2	503	26	94,80 %	367	14	96,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 1	456	20	95,60 %	425	16	96,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 1	696	39	94,40 %	671	25	96,30 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 2	456	18	96,10 %	425	14	96,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 3	0	Mittaus 3	456	15	96,70 %	425	12	97,20 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 5	Tuote 5	3	Mittaus 1	400	12	97,00 %	385	10	97,40 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 3	522	17	96,70 %	372	5	98,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 2	1	Mittaus 4	522	17	96,70 %	372	5	98,70 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 2	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 3	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 4	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 4	2	Mittaus 5	696	13	98,10 %	671	7	99,00 %

Viikoittainen testausaantoraportti 1

Kuvan 14 viikoittainen testausaantoraportti 1 suurennettuna.

Customer	Process	Product	Revision	FP volume	FPY	Total volume	Total yield	Product scrap risk	Retest rework	CoPQ	Top 5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	2421	90,87 %	2471	96,28 %	634 €	69 €	703 €	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	1856	96,39 %	1874	98,51 %	509 €	63 €	571 €	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	2370	90,84 %	2411	97,93 %	344 €	59 €	403 €	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 4	4	566	95,41 %	569	96,31 %	392 €	10 €	403 €	4
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 3	3	1826	98,96 %	1840	98,91 %	366 €	24 €	389 €	5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 3	Tuote 1	1	2395	95,99 %	2408	98,55 %	241 €	45 €	286 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 6	1	1129	94,07 %	1129	95,93 %	268 €	10 €	279 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 7	2	1050	86,10 %	1128	93,26 %	246 €	23 €	268 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 5	Tuote 1	1	2340	98,21 %	2349	99,53 %	76 €	12 €	88 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 1	0	6	0,00 %	6	0,00 %	41 €	3 €	44 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 9	0	293	88,74 %	294	99,32 %	34 €	9 €	43 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 10	4	260	83,85 %	260	96,92 %	25 €	7 €	32 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 4	4	563	99,29 %	563	99,82 %	19 €	5 €	24 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 8	1	456	92,32 %	460	99,57 %	16 €	5 €	22 €	
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 2	0	1199	100,00 %	1237	100,00 %	0 €	0 €	0 €	

Viikoittainen testausaantoraportti 2

Kuvan 15 viikoittainen testausaantoraportti 2 suurennettuna.

Customer	Process	Product	Revision	Step	Runs	Fails	Test Yield	Runstst	Failstst	FPY	Top 5
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 1	2679	161	94,00 %	2398	106	95,60 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 2	2679	113	95,80 %	2398	93	96,10 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 1	1	Mittaus 3	2721	30	98,90 %	2421	18	99,30 %	1
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	Mittaus 1	1940	38	98,00 %	1849	35	98,10 %	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 1	Tuote 3	3	Mittaus 2	1898	36	98,10 %	1810	16	99,10 %	2
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	Mittaus 1	2724	327	88,00 %	2370	214	91,00 %	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 4	Tuote 1	0	Mittaus 2	2724	327	88,00 %	2370	214	91,00 %	3
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 1	4	Mittaus 1	573	12	97,90 %	551	5	99,10 %	4
Asiakkuus 1	Testausprosessi 2	Tuote 3	3	Mittaus 1	1835	12	99,30 %	1815	6	99,70 %	5

Korjaustyökaluraportin 1 luonnos

Kuvan 16 korjaustyökaluraportin 1 luonnos suurennettuna.

